هنري بوانكاري

قيمة العلم



قيمة العلم

الكتاب: قيمــة العلــم

المؤلف: هنــري بوانكـــاري

المترجم: الميلودي شغموم

الغلاف: مؤسسة مصطفى قانصو للطباعة والتجارة

الناشر: دار التنوير للطباعة والنشر والتوزيع بيروت

هاتف وفاكس : 03 / 728365 ـــ 03 / 728471 ـــ 00961/1/471357

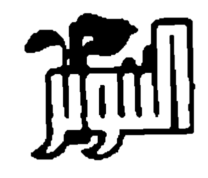
E-mail: kansopress@hotmail.com

سنـة الطبــع: **2006**

هنري بوانكاري

قيمة العلم

ترجمة: الميلودي شغموم



يضم هذا الكتاب الترجمة الكاملة للنص الفرنسي:

Henri Poincaré: La Valeur de la Science

مدخل

يجب أن يكون البحث عن الحقيقة هدف نشاطنا، فهذه هي الغاية الوحيدة الجديرة به. وينبغي، ولاشك أن نناضل من أجل التخفيف من آلام البشرية. ولكن، ما جدوى هذا؟

إن التطلع إلى انتفاء الألم هدف سلبي، وقد يتحقق بأمان أكبر عن طريق إفناء العالم. أمّا إذا كنا نرغب اليوم، وأكثر من أي وقت مضى، في تخليص الانسان من الهموم المادية، فلكي نراه يتوجه بحريته، التي يستعيدها نتيجة ذلك، نحو الدراسة وسبر أغوار الحقيقة.

غير أننا نعرف أن الحقيقة تُرعِبنا أحيانا. وبالفعل، فنحن نعرف أنها كثيرا ما تخيب آمالنا، وأنها كالشبح الذي لايظهر لنا لحظة إلاّ ليختفي باستمرار، وأنه يجب علينا متابعتها بعيدا، إلى أبعد ما يمكن، دون التمكن من اللحاق بها. ومع هذا، فإننا، لكي نتصرف يجب أن نتوقف، كما قال إغريقي لا أذكر إنْ كان هو ارسطو أو غيره.

ونحن نعرف كذلك كم هي قاسية هذه الحقيقة غالباً، فنتساءل إنْ لم يكن الوهم إلاّ اكثر عزاء، ولكن، أكثر تحصيناً. فالوهم هو الذي يمنحنا الثقة. ولو

زال الوهم، فهل يبقى لدينا الأمل والشجاعة، أي ما يدفعنا إلى الفعل؟ سنكون مثل الجواد المربوط إلى مدار، الجواد الذي سيرفض، يقيناً، أن يتقدم إن لم نحتط ونعصب عينيه فالذي يبحث عن الحقيقة يجب أن يكون حراً، كامل الحرية. وعلى العكس، فإننا يجب أن نكون متحدين، إذا أردنا أن نفعل، أن نكون أقوياء.

وهكذا ترعب الحقيقة الكثيرين منا ويعتبرونها سبب ضعف. إلاّ أننا يجب ألاّ نخاف من الحقيقة، فهي وحدها تملك الجمال.

عندما أتحدث عن الحقيقة هنا فإنني، بلا شك، أريد أن أتكلم عن الحقيقة العملية، لكني أريد كذلك أن أتحدث عن الحقيقة الأخلاقية التي لاتشكل العدالة سوى أحد مظاهرها. ويبدو أنني أتصرف في استعمال الكلمات إذ أجمع هكذا تحت إسم واحد بين شيئين لا رابط مشتركاً بينهما، فالحقيقة العلمية التي يبرهن عليها لايمكن بأي وجه من الوجوه أن تقرب من الحقيقة الأخلاقية القائمة على الشعور. غير أنني لا أستطيع فصل الواحدة منهما عن الأخرى؛ فالذين يحبون إحداهما لايمكنهم إلاّ أن يحبوا الأخرى. وللوصول إلى هذه أو تلك منهما ينبغي أن يكون المرء قد حرر نفسه تحريراً كاملا من الحكم المسبق ومن الهوى، وأن يكون قد توفّر على الصدق المطلق. أمّا عندما يتم اكتشاف هذين النوعين من الحقيقة فإنهما تمنحاننا نفس البهجة، وبمجرد ما تُدْرك إحداهما فإنها تشع بنفس البريق الذي تشع به الأخرى عندما تُدْرك، وذلك بحيث يجب النظر إليها أو إغلاق العينين. إنهما معا تجذباننا وتهربان، فهما ليستا ثابتتين وعندما نظن أننا وصلنا إليهما ندرك أنه مازال علينا أن نسير نحوهما. فالذي يلاحقهما محكوم عليه بألاّ يعرف الراحة.

وينبغي أن نضيف كذلك أن الذين يخشون إحداهما يخشون الأخرى أيضاً. فأمثال هؤلاء هم أولئك الذين يهتمون في كل شيء بالنتائج قبل غيرها.

باختصار، أُقرِّب بين الحقيقتين لأنهما تشتركان في الأسباب التي تجعلنا نحبهما وفي الأسباب التي تجعلنا نخشاهما. وإذا كان علينا ألاّ نخشى الحقيقة الأخلاقية فإنه من الأجدر ألاّ نخشى الحقيقة العلمية.

وقبل كل شيء، إن الحقيقة العلمية ليست مناقضة للحقيقة الأخلاقية، فلكل من العلم والأخلاق ميدانه الخاص، وهذان ميدانان يتلامسان، ولكنهما لايتداخلان. إحدى هاتين الحقيقتين تدلنا على الهدف الذي يجب أن نسعى إليه، والأخرى، بعد تحديد الهدف، تعرِّفنا بالوسائل الموصلة إليه. إنهما لايمكن إذن أن

تتناقضا لأنهما لاتلتقيان أبدا. فلا يمكن أن يوجد علم لا أخلاقي مثلما لايمكن أن توجد أخلاق علمية. إلاّ أننا إذا كنا نخشى العلم فلأنه، قبل كل شيء، لايستطيع أن يمنحنا السعادة. وبطبيعة الحال، فإن العلم لايستطيع أن يمنحنا هذه السعادة. ويمكن أن يتساءل المرء عمّا إذا لم يكن الحيوان أقل تألماً من الإنسان. ومع ذلك، هل يمكن أن نأسف حقاً على ذلك النعيم الأرضي الذي كان فيه الإنسان. مثل الحيوان، خالداً إذْ كان يجهل أنه يجب أن يموت، أي إذْ لم تكن لديه أية معرفة علمية؟ عندما يأكل الإنسان من التفاحة فإنه يستحيل أن ينسيه أي ألم طعمها وسيعود إليها باستمرار. كذلك الأمر بالنسبة للبحث عن الحقيقة العلمية، إن الإنسان لم يعد بإمكانه التخليّ عن السعي نحوها. فهل بإمكانه أن يفعل غير هذا؟ هذا السؤال مثل التساؤل عما إذا كان المبصر الذي أصيب بالعمى سيفقد الحنين إلى الضوء.

وهكذا ، فإن الانسان لايمكن أن يكون سعيداً بواسطة العلم، ولكنه اليوم أقل قدرة على أن يكون سعيدا بدونه.

إذا كانت الحقيقة هي الهدف الوحيد الذي يستحق أن نسعى إليه، فهل نستطيع الأمل في الوصول إليها؟ هذا ما يمكن الشك فيه. وقرّاء كتيبي «العلم والفرضية» يعرفون رأيي في هذه المسألة. فالحقيقة التي يمكن أن نلمح ليست بالتمام ما يطلق عليه أغلبية الناس هذا الاسم.

هل يعني هذا أن تطلعنا الأكثر مشروعية وإلحاحاً هو في نفس الوقت التطلّع الأكثر وهماً أم هل نستطيع رغم ذلك أن نقترب من الحقيقة من جهة ما؟ هذا ما يجدر بنا بحثه.

ولنتساءل في البداية: ما هي الأداة التي نتوفر عليها للقيام بهذا الفتح؟ إنها عقل الإنسان، وهي، بحصر المعنى، عقل العالم. ولكن، أليس هذا العقل قابلاً لما هو لامتناهٍ من التنوع؟ من الممكن ومن غير أن نستوفي الموضوع حقه، أن نكتب مجلدات بشأن هذا التنوع أمّا أنا، فكل ما فعلته أني لمسته في بضع صفحات قصيرة. فألاّ يشبه فكر الرياضي إلاّ قليلا فكر الفيزيائي أو عالم الطبيعيات، هذه مسألة يقرّبها الجميع. غير أن الرياضيين أنفسهم لايتشابهون فيما بينهم، بعضهم لايعرف إلاّ المنطق الصارم والبعض الآخر يلتجىء إلى الحَدْس ويرى فيه المنبع الوحيد للاكتشاف. وهذا ما قد يشكّل مدعاة للارتياب: هل يمكن أن تظهر المبرهنات الرياضية بنفس الشكل لعقول في مثل هذا التباين؟ والحقيقة التي ليست

واحدة بالنسبة للجميع هل هي حقيقة؟ قد يدفع هذا إلى الشك، غير أننا لو نظرنا إلى الأشياء عن كثب لرأينا كيف يتعاون هؤلاء العمال المختلفون جداً على إنجاز عمل مشترك لايمكن أن يتحقق بدون تعاونهم. وفي هذا الأمر ما يطمئننا بشكل مسبق.

بعد البحث في الأداة، يجب بحث الأطر، التي تبدو لنا الطبيعة محبوسة داخلها، تلك التي نسميها الزمان والمكان. فلقد بيّنت في «**العلم والفرضية**» كم هي نسبية قيمتها، إذْ ليست الطبيعة هي التي تفرضها علينا، وإنما نحن الذين نفرضها على الطبيعة لأننا نجدها ملائمين. إلاّ أنني لم أتكلم آنذاك إلاّ عن المكان وخاصة عن المكان الكمي، أي عن العلاقات الرياضية التي تتشكل الهندسة من مجموعها. ولقد كان من الضروري أن نبين أن ما يصح على المكان يصح على الزمان، ويصح كذلك عن المكان «الكيفي». كما كان يجب أن نبين على الخصوص لماذا نعطي للمكان ثلاثة أبعاد. لي العذر إذنْ إذا عدت مرة أخرى إلى هذه المسائل الهامة.

وبعد هذا، هل التحليل الرياضي، الذي يتخذ من هذه الأطر الفارغة موضوعه الأساسي، مجرد لهو فكري لا طائل من ورائه؟

إنه لايستطيع أن يقدم للفيزيائي إلاّ لغة ملائمة. أو ليست هذه سوى خدمة متواضعة يمكن الاستغناء عنها عند الاقتضاء؟ وأكثر من هذا: ألا ينبغي أن نخشى إمكانية أن تكون تلك اللغة الاصطناعية حجاباً بين الواقع وعين الفيزيائي؟ كلا، فبدون هذه اللغة كانت أغلب التماثلات الصميمية في الاشياء ستظل مجهولة من طرفنا إلى الأبد، وكنا سنظل دائمًا على غير علم بالنظام الداخلي للعالم، هذا النظام الذي يشكل حقاً، كما سنرى، الحقيقة الموضوعية الوحيدة.

إن التعبير الأمثل عن هذا النظام هو القانون. والقانون واحد من الفتوحات، الأكثر حداثة، التي قام بها العقل البشري، فهناك شعوب مازالت تعيش في معجزة دائمة ولا تدهش لهذا. وعلى العكس من هؤلاء فنحن الذين يجب أن ندهش أمام انتظام الطبيعة. فالناس يطلبون من آلهتهم أن تبرهن على وجودها بوساطة المعجزات، ولكن المعجزة الخالدة في ألاّ توجد باستمرار معجزات. ولهذا السبب يكون العالم إلهياً، ما دام ما يجعله منظّمًا هو هذا الجانب الإلهي، فلو كان العالم مسيّراً من طرف النزوة مَنْ الذي سيبرهن لنا على أنه غير مسيرّ من طرف الصدفة؟

ونحن مدينون بهذا الغزو للقانون لعلم الفلـك . وهو ما يشكل عظمة علم الفلك، أكثر مما تشكله العظمة المادية للموضوعات التي يدرسها. فمن الطبيعي إذنْ أن تكون الميكانيكا السماوية أول نموذج للفزياء الرياضية. غير أن علم الفلك قد تطور منذ ذلك ومازال يتطور بسرعة.

ويجب من الآن القيام بتعديل بعض النقط باللوحة التي رسمتها سنة ١٩٠٠ والتي استخرجت منها فصلين في «العلم والفرضية». وقد حاولت في محاضرة بمعرض سان لويس سنة ١٩٠٤ أن أقيس المسافة التي قطعتها، وسيجد القارىء نتيجة هذا التحري فيما بعد.

لقد بدا أن تقدم العلم قد هدَّد المبادىء الأشدَّ رسوخاً، تلك التي كان يُنظَر إليها كمبادىء أساسية. لكن لا شيء يدل على أننا لن نتوصل إلى انقاذها. وإذا لم نتمكن من القيام بهذا الإنقاذ إلاّ بشكل ناقص، فإن هذه المبادىء ستستمر وتتغير في نفس الوقت. فلا يجب أن نقارن مسيرة العلم بالتحولات في مدينة حيث يتم إسقاط البنايات التي شاخت، وبدون شفقة، لتحلّ محلها بنايات جديدة، وإنما يجب أن نقارن تلك المسيرة بتطور الأنواع الحيوانية التي تتطور باستمرار وتنتهي إلى أن تصبح العيون العادية غير قادرة على التعرّف عليها في حين أن العين الخبيرة ستجد فيها دائمًا العمل السابق الذي قامت به القرون الماضية. لاينبغي إذنْ أن نعتقد أن النظريات القديمة كانت عقيمة وباطلة.

وإذا ما توقفنا عند هذا الحد فإننا سنجد في هذه الصفحات بعض الأسباب التي تدفعنا إلى الثقة في قيمة العلم، ولكن ستظل لدينا أسباب أكثر عددا للارتياب في تلك القيمة. سيظل لدينا إذنْ شعور بالشك في قيمة العلم. فلنضع الآن النقط على الحروف: لقد بالغ بعض الناس في دور المواضعة في العلم، وذهبوا إلى حد القول بأن القانون، والحادث العلمي نفسه، من خلق العالم. وهذه مغالاة في الإسمية، فليست القوانين العلمية ابتداعات اصطناعية. وليس هناك مبرر للنظر إليها على أساس أنها حادثة رغم أنه يستحيل علينا أن نبرهن على أنها ليست كذلك.

ثمّ، هل يوجد النظام الذي يظن العقل البشري أنه يكتشفه في الطبيعة خارج هذا العقل الذي يكتشفه؟ كلا، فلا شك أن الحقيقة المستقلة كلياً عن العقل الذي يتصورها، العقل الذي يراها، ويحسّ بها، حقيقة مستحيلة. وإذا ما وجد عالم بمثل هذه الدرجة من الخارجانية فإنه سيمتنع علينا إدراكه، وإلى الأبد.

إلّا أن ما نسميه الواقع الموضوعي ما هو في نهاية التحليل سوى ما هو مشترك بين الجميع. وهذا الجزء المشترك بين الجميع لايمكن أن يكون، كما سنرى، سوى النظام المُعبّر عنه بوساطة القوانين الرياضية. إذنْ، هذا النظام هو الواقع الموضوعي الوحيد، الحقيقة الوحيدة التي يمكن أن ندركها. وإذا أَضَفْتَ إلى هذا أن النظام الشامل في العالم هو منبع كل جمال ستدرك حينئذ الأهمية التي يجب أن نوليها لتلك الخطوات البطيئة الشاقة التي تكتشفه لنا تدريجياً بطريقة أفضل.

القسم الأول: العلوم الرياضية

الفصل الأول:

الحدس والمنطق في الرياضيات

- I -

من غير الممكن أن ندرس أعمال كبار الرياضيين، وحتى أعمال الصغار منهم، من غير أن نميز فيها بين اتجاهين متقابلين أو على الأصح بين نوعين من الفكر متباينين كلياً. الصنف الأول من هؤلاء الرياضيين منطقيٌّ بالدرجة الأولى، ونحن عند قراءة أعمالهم نجدها تستهوينا بالاعتقاد في أنهم لم يتقدموا إلاّ خطوة خطوة على طريقة «فوبان» الـذي يقوم بأعماله التمهيدية في الميدان الحربي من غير أن يترك أي شيء للصدفة. أمّا الصنف الثاني من اولئك الرياضيين فيسترشد بالحَدْس ويحقق أصحابه من المحاولة الأولى فتوحات سريعة ولكن أحياناً مؤقتة، كفرسان مقدمةٍ جسورين.

ليست المادة التي يشتغل بها الرياضيون هي التي تفرض عليهم اتباع هذه الطريقة أو تلك. وإذا كنا غالباً ما نقول عن النوع الأول بأن أصحابه تحليليون ونسمي أصحاب الاتجاه الثاني هندسيين، فإن هذا لايمنع الأولين من أن يظلوا تحليليين حتى حين يشتغلون بالهندسة بينما يكون الآخرون هندسيين حتى حين يشتغلون بالتحليل الخالص. إنها طبيعة فكرهم، فهـذه الطبيعة هي التي تجعلهم

مناطقة أو حَدْسيين، ولايمكنهم التخلّص من هذه الطبيعة عندما يطرقون موضوعاً جديداً.

وليست التربية هي التي نمّت لديهم هذا أو ذاك من الاتجاهين وخنقت الآخر، فالمرء إمّا يولد رياضياً أو لايكون كذلك. وبالمثل فإنه يبدو أن الإنسان إنما يولد هندسياً أو تحليلياً.

أريد أن أذكر أمثلة، والأمثلة كثيرة حقاً. غير أني، للتأكيد على المفارقة وإبرازها سأبدأ بمثال متطرف، وأعتذر إنْ كنت مضطراً إلى البحث عنه في اثنين من الرياضيين الأحياء.

فالسيد «ميري» يريد أن يبرهن على أن المعادلة ذات الحدين لها دائمًا جذر أو، بعبارة مألوفة، أنه يمكن دائمًا تجزئة زاوية. وإذا كانت هناك حقيقة نظن أننا نعرفها بالحَدْس المباشر فإنها بالتأكيد هذه، فمَنْ الذي سيشك في أن زاوية يمكن دائمًا تقسيمها إلى عدد غير محدد من الأجزاء المتساوية؟ السيد «ميري» لايراها كذلك، في نظره هذه القضية ليست بدهية بأي وجه من الوجوه، وسيحتاج إلى صفحات عديدة للبرهنة عليها.

وعلى العكس من هذا، انظروا إلى السيد «كلاين»: إنه يدرس مسألة من أكثر المسائل تجريداً في نظرية الدوال، ويتعلّق الأمر بمعرفة ما إذا كانت توجد دائمًا، على مساحة ريمانية محددة، دالّة تقبل خاصيات محددة. فماذا يفعل عالم الهندسة الألماني الشهير «كلاين»؟ إنه يستبدل مساحته الريمانية بمساحة معدنية تختلف قابليتها للنقل الكهربائي حسب بعض القوانين. وسيوصل نقطتين من نقط تلك المساحة المعدنية بقطبي بطارية. لابدّ أن يمر التيار، يقول «كلاين»، والطريقة التي سيوزع بها هذا التيار على المساحة ستحدد دالّة خاصياتها وستكون بالضبط هي الخاصيات المنصوص عليها في صياغة المسألة المذكورة.

إن السيد «كلاين» يعرف أنه لم يقدم سوى خلاصة، ولكنه لم يتردد في نشرها. وكان يظن على الأرجح أنه يجد فيها برهاناً دقيقاً أو على الأقل نوعاً من اليقين الأخلاقي. رجل المنطق كان سيرفض مثل هذا التصور بغلظة أو، على الأصح، لن يكون عليه أن يرفضه لأنه لم يكن ليولد قط داخل فكره.

اسمحوا لي أيضاً أن أقارن بين رجلين يمثلان مجد العلم في فرنسا، أخذهما الموت حديثا، ولكنهما دخلا عالم الخلود منذ زمن طويل. أعني السيدين «برتراند»

و «هرميت». لقد كانا تلميذين في نفس المدرسة وفي نفس الفترة. لقد خضعا لنفس التربية، ولنفس التأثيرات. ومع ذلك، ما أكبر التباين بينهما، وهو لايظهر فقط في كتاباتهما، وإنما يظهر أيضاً في تدريسهما، في طريقة تحدثهما، في مظهرهما كذلك. لقد نُقشت هيأتهما في ذاكرة كل تلاميذهما بخطوط غير قابلة للمحو. وبالنسبة لجميع الذين كانت لهم سعادة متابعة دروسهما فإن هذه الذكرى مازالت عالقة بأذهانهم إلى الآن، ومازالت حديثة. لذلك يسهل علينا إحياؤها.

كان السيد «برتراند» وهو يتكلم يتحرك دائمًا، يبدو تارة كأنه في صراع مع عدو خارجي، وتارة يرسم بحركة اليد الأشكال التي يدرسها. بالتأكيد، إنه ينظر ويسعى إلى أن يرسم. لذلك يستعين بالحركة. أمّا السيد «هرميت» فهو على العكس من ذلك تماما. إن عينيه تبدوان وكأنهما تهربان من ملامسة العالم. فهو لايسعى إلى النظر إلى الحقيقة في الخارج وإنما في الداخل.

ومن بين علماء الهندسة الألمان في هذا القرن إسمان شهيران هما «فيرستراس» و «ريمان» اللذان أسسا النظرية العامة للدوال.

«فيرستراس» يرجع كل شيء إلى اعتبار السلاسل وتحويلاتها التحليلية. وبتعبير أحسن، إنه يردّ التحليل إلى نوع من الامتداد للحساب. ويمكن أن نتصفح كل كتبه، فلا نجد فيها شكلا واحدا. أمّا «ريمان» فهو، على العكس يستدعي الهندسة لمساعدته، وكل تصوراته أشكال لا أحد يمكن أن ينساها بعد أن يكون قد أدرك معناها.

وحديثاً جدا فإن «لي» كان رياضياً حَدْسياً. قد يتردد المرء في ذلك عند قراءة أعماله. لكنه لن يتردد أبدا بعد أن يتحدث معه وسيدرك بسرعة أنه يفكر بالصور. أمّا السيدة «كوالفسكي» فقد كانت منطقية.

وأمّا عند طلبتنا فنلاحظ نفس الفروق، بعضهم يفضل أن يعالج مشاكله بواسطة «التحليل»، والبعض الآخر بواسطة الهندسة. الأولون يعجزون عن «النظر في المكان»، والآخرون سترهقهم بسرعة الحسابات الطويلة وتختلط عليهم.

هذان النوعان من الفكر ضروريان معاً لتقدم العلم. وكل منهما قد حقق أشياء عظيمة لم يكن ليحققها الآخر. مَنْ يجرؤ على القول بأنه يفضل لو أن «فيرستراس» لم يكتب قط أو أن «ريمان» لم يوجد قط؟ إذنْ لكلٍ من التحليل

والتركيب دوره الشرعي. غير أنه من المفيد أن نبحث عن كتب في تاريخ العلم عن الخدمة التي قدمها كل واحد منهما.

- II -

ومن المدهش حقاً أننا عند إعادة قراءة أعمال القدماء نجد أنفسنا ميالين إلى تصنيفهم جميعاً ضمن الحَدْسيين. لكن الطبيعة هي الطبيعة، ومن المستبعد أن تكون قد بدأت في خلق عقول محبة للمنطق خلال هذا القرن. فنحن لو استطعنا أن نعود بأنفسنا إلى تيار الأفكار السائد في زمانهم لتعرّفنا على أن الكثيرين من هؤلاء العلماء القدماء في الهندسة كانوا تحليليّ الاتجاه. إن أقليدس مثلا قد أرسى بناء علمياً لم يتمكن معاصروه من أن يتبينوا فيه أي خطأ. وفي هذا البناء الضخم حيث يقوم كل جزء على الحَدْس نستطيع بدون عناء أن نتعرّف على عمل رجل منطق. فليست العقول هي التي تغيرت، إنها الأفكار التي تغيرت. لقد ظلّت العقول الحَدْسية كذلك لدى الرياضيين، لكن قرّاءهم فرضوا عليهم تنازلات أكبر. ما هو سبب هذا التطور؟

ليس من الصعب اكتشاف السبب، فالحَدْس لايمكن أن يمدنا بالدقة ولا باليقين. لقد تأكدنا من هذا بشكل أقوى. وَلْنَذْكُرْ بعض الأمثلة: نعرف أنه توجد دوال متصلة بلا مشتقات. فلا شيء يصدم الحَدْس أكثر من هذه القضية التي يفرضها علينا المنطق. ولقد كان من الممكن أن يقول آباؤنا بهذا الصدد: «بديهي أن لكل دالّة متصلة مشتقة ما دام لكل منحنٍ مماس». فكيف أمكن للحَدْس أن يخدعنا بهذه الدرجة؟ إننا عندما نسعى إلى تخيلِ منحنٍ لانستطيع أن نتصوره خالياً من كل كثافة، ونفس الشيء يحدث عندما نتصور خطاً مستقيًا، إننا نراه في شكل شريط مستقيم ذي شيء من العرض. نعرف جيداً أن تلك الخطوط ليست لها كثافة، فنحاول أن نتخيلها أكثر فأكثر رقة وأن نقترب بذلك من أقصى حد من الدقة. ننجح في هذا إلى حدٍ ما ولكننا لانصل أبدا إلى ا لحد الأقصى من الدقة. وواضح الآن أنه يمكننا دائمًا أن نتصور ذينك الشريطين الدقيقين، الأول مستقيًا والثاني منحنيا، في وضعية تسمح بأن يتماسّا بدون أن يتقاطعا. وهكذا سنكون مقودين، إذا لم ننتبه بواسطة تحليل دقيق، إلى استنتاج أن لكل منحنٍ مماسا دائمًا.

كمثال ثانٍ سآخذ مبدأ «ديريشلت» الذي يرتكز عليه العديد من المبرهنات في الفزياء الرياضية. إننا نثبته اليوم بواسطة براهين دقيقة جداً، ولكنها طويلة جدا.

أمّا بالأمس فقد كنا نكتفي ببرهنة موجزة: إن إحدى المتكاملات التابعة لدالّة اعتباطية لايمكن أبداً أن تُلتغى. ويُستنتج من هذا أنه لابد أن تتوفر على حد ادنى من الإلغاء. لكن خطأ هذا الاستدلال يظهر على الفور، لأننا نستعمل اللفظ المجرد، دالّة، ولأننا متعودون على كل الخاصيات التي تتسم بها الدوال عندما نفهم هذه الكلمة بمعناها الأكثر عمومية. لكن الأمر لن يكون كذلك لو أننا استعملنا صوراً مشخصة، لو أننا مثلاً نظرنا إلى تلك الدالّة كجهد (أي كفوة كهربائية كامنة ودافعة ـ المترجم)، في هذه الحالة كان من الممكن الاعتقاد في أنه من الشرعي التقرير بأن التوازن الإلكتروستاتي قابل للتحقق. ربما أثارت مقارنة فزيائية بعض الشكوك الغامضة. غير أننا لو ترجمنا ذلك الاستدلال إلى لغة الهندسة التي تشكل وسيطاً بين التحليل والفزياء لما أثارت تلك الشكوك الحذر، ولربما استطعنا هكذا، وحتى في الوقت الراهن، أن نخدع كثيراً من القرّاء غير المنحازين. إذن الحَدْس لايعطينا اليقين. لذلك كان يجب أن يحدث التطور. فلنر الآن كيف تم هذا التطور.

لم يتأخر العلماء في إدراك أنه لايمكن إدخال الدقة في الاستدلالات إذا لم يتم إدخالها في التعاريف أولاً. فلقد ظل تعريف الموضوعات التي تدرسها الرياضيات مدة طويلة تعريفاً ناقصاً بالنسبة لأغلب تلك الموضوعات. كنا نظن أننا نعرفها لأننا نتصورها بواسطة الحواس أو الخيال. غير أنه لم يكن لدينا عنها سوى صورة فظة وليس فكرة دقيقة يستطيع أن يمسك بها البرهان. في هذا الاتجاه صارت اهتمامات المناطقة. وهو ما حدث بالنسبة للعدد الأصم. فالفكرة الغامضة عن الاتصال التي ندين بها للحَدْس قد تمّ حلها بإرجاعها إلى منظومة معقدة من اللامتساويات المتعلقة بالأعداد الصحيحة. من هنا وجدت الصعوبات الناتجة عن المرور إلى النهاية، أو عن النظر في اللامتناهيات في الصغر، توضيحها النهائي. لم يبق اليوم في التحليل سوى أعداد صحيحة أو منظومات متناهية أو لامتناهية من الأعداد الصحيحة مرتبطة فيما بينها بشبكة من علاقات التساوي أو اللاتساوي. فكما قيل، لقد تم تحسيب الرياضيات.

- III -

هناك سؤال أول يفرض نفسه: هل انتهى هذا التطور؟ هل توصلنا أخيراً إلى الدقة المطلقة؟ في كل فترة من فترات التطور كان آباؤنا يعتقدون أنهم توصّلوا

إليها. وإذا كانوا مخطئين، أفلا نكون مخطئين مثلهم؟

نحن نعتقد أننا في استدلالاتنا لم نعد نعتمد على الحَدْس. سيقول لنا الفلاسفة إن هذا مجرد وهم، فالمنطق الخالص وحده لايمكن أن يقودنا سوى إلى تحصيلات حاصل. إنه لايستطيع أن يخلق جديداً. وبالاعتماد عليه وحده لايمكن أن يقوم علم من العلوم.

هؤلاء الفلاسفة على حق، بمعنى ما، فلقيام الحساب، كما هو الشأن بالنسبة لقيام الهندسة أو أي علم، نحتاج إلى شيء آخر غير المنطق الخالص. وهذا الشيء الآخر لانملك كلمة أخرى للدلالة عليه سوى الحدس. ولكن كم من المعاني المتباينة تستتر داخل هذا اللفظ نفسه؟ لنقارن بين هذه البديهيات الأربع:

١ ـ المقداران المساويان لثالث متساويان.
٢ ـ إذا كانت نظرية صحيحة بالنسبة للعدد ١، وإذا برهنا على أنها صحيحة بالنسبة لـ(ن + ١)، شريطة أن تكون صحيحة بالنسبة لـ(ن)، فإنها صحيحة بالنسبة لجميع الأعداد الصحيحة.
٣ ـ إذا كانت النقطة (ج) توجد بين (أ) و(ب) على مستقيم وإذا كانت النقطة (د) توجد بين (أ) و (ج)، فإن النقطة (د) توجد بين (أ) و (ب).

٤ ـ من نقطة خارج مستقيم لايمر إلاّ موازٍ واحد لذلك المستقيم.

كل هذه البديهيات الأربع يمكن إرجاعها إلى الحَدْس. مع ذلك فإن الأولى صياغة لقاعدة من قواعد المنطق. وأمّا الثانية فهي حكم تركيبي قَبْلي خالص، إنها أساس الاستقراء الرياضي الدقيق. وأمّا الثالثة فهي استدعاء للخيال، وأمّا الرابعة فهي تعريف مقنع.

الحَدْس ليس مبنياً على شهادة الحواس، وبالضرورة، فالحواس لاتلبث أن تصبح عاجزة وبسرعة. وعلى سبيل المثال فإننا لانستطيع تصور مضلع ذي مائة ضلع على الرغم من أننا نستدل بواسطة الحَدْس على االمضلعات على العموم، وهي تشمل المضلع ذا المائة ضلع كحالة خاصة منها.

تعرفون ما كان يعنيه (بونصلي) بمبدأ الاتصال: ما يصح على كمية واقعية يجب أن يكون كذلك بالنسبة لكمية متخيلة، ما هو صحيح بالنسبة للقطع الزائد ذي المستقيمات المرافقة الواقعية يجب أن يكون كذلك بالنسبة للقطع الإهليلجي

ذي المستقيمات المرافقة المتخيلة. فلقد كان (بونصلي) من أكبر العقول الحَدْسية في هذا القرن. كان كذلك بشغفٍ وبتباهٍ، تقريباً. واعتبر مبدأ الاتصال الواحد من تصوراته الأكثر جرأة. ومع ذلك فإن هذا المبدأ لم يكن يرتكز على شهادة الحواس، بل لايمكن أن يتم تشبيه القطع الزائد بالقطع الإهليلجي إلاّ بمخالفة تلك الشهادة. فليس هنا سوى تعميم سريع وفطري لاأريد، من جهة أخرى، أن أدافع عنه.

إذنْ عندنا أنواع كثيرة من الحَدْس. أولا: استدعـاء الحواس والخيال. ثانياً: التعميم بواسطة الاستقراء الذي ينسخ، إذا صحّ التعبير، طرق العلوم التجريبية. ثالثاً، وأخيراً: حَدْس العدد الخالص، ذلك الذي اعطانا البديهية الثانية والذي يستطيع أن يخلق البرهان الرياضي الحقيقي. النوعان الأولان من الحَدْس، كما بيّنت سابقاً بالأمثلة، لايمكن أن يمنحانا اليقين. ولكن، مَنْ الذي يشك بجد في النوع الثالث، مَنْ يشك في الحساب؟ والحال أن في التحليل اليوم، عندما يجهد المرء نفسه ليكون دقيقا، لم يعد يوجد سوى قياسات واستدعاءات لهذا الحَدْس المتمثل في حَدْس العدد الخالص: الحَدْس الوحيد الذي لايستطيع أن يخدعنا. اليوم يمكن أن نقول إنه قد تمّ التوصل إلى الدقة المطلقة.

- IV -

سيدلي الفلاسفة أيضاً باعتراض آخر: «ما تربحونه من ناحية الدقة تخسرونه من ناحية الموضوعية. لايمكنكم أن ترتفعوا نحو مثالكم المنطقي إلاّ بقطع الروابط التي تشدكم إلى الواقع. علمكم علم صارم، لكنه لايستطيع أن يظل كذلك إلاّ بأن يغلق على نفسه داخل برج عاج وأن يقطع كل علاقة له مع العالم الخارجي، وسيكون عليه أن يخرج منه عندما يحاول أدنى تطبيق».

أريد مثلا أن أبرهن على أن خاصية ما تنتمي إلى موضوع ما مفهومهُ يبدو لي في البداية غير قابلٍ للتعريف لأنه حَدْسي. في البداية، أفشل أو أقبل براهين تقريبية. أقرر أخيراً أن أعطي لمفهومي تعريفا دقيقا الأمر الذي يسمح لي بإثبات تلك الخاصية بطريقة لاتقبل أي مأخذ.

«وبعد؟ يقول الفلاسفة. مازال عليكم أن تبينوا أن الموضوع الذي يتفق مع ذلك التعريف هو نفس الموضوع الذي أمدكم به الحَدْس أو، بعبارة أخرى، إن الموضوع الواقعي المشخّص الذي تعتقدون في مطابقته لفكرتكم الحدسية يتفق جيداً

مع تعريفكم الجديد، حينئذٍ فقط يمكنكم إثبات أنه يتمتع بالخاصية المذكورة. كل ما فعلتم حتى الآن أنكم حولتم الصعوبة».

هذا ليس دقيقا. إننا لم نحول الصعوبة، بل جزأناها. فالقضية التي كنا نريد إثباتها تتركب في الواقع من حقيقتين مختلفتين لم نميز بينهما في البداية، الأولى حقيقة رياضية، وقد تمّ إثباتها الآن بدقة، أمّا الثانية فهي حقيقة تجريبية، والتجربة وحدها تستطيع أن تخبرنا إنْ كان هناك موضوع واقعي مشخّص يتفق مع التعريف المجرد أو لايتفق معه. هذه الحقيقة الثانية لم يُبرهَن عليها رياضيا، ولكن لايمكن أن يُبرهن عليها كذلك، كما هو الأمر بالنسبة للقوانين التجريبية في العلوم الفزيائية والطبيعية. وسيكون من غير المعقول المطالبة بأكثر من هذا.

وبعد ، أليس تقدماً كبيراً أن نميز ما ظل مختلطاً خطأً مدة طويلة؟ فهل معنى ذلك أن الاعتراض الذي يقدمه الفلاسفة خالٍ من كل صحة؟ ليس هذا ما أقصد. إن العلم الرياضي عندما يصبح دقيقاً يتخذ طابعاً اصطناعياً يصدم الكل. إنه ينسى منابعه التاريخية. حينئذٍ سنرى كيف تُحَلّ المشاكل ولكننا لن نرى قط كيف تُطرَح ولماذا؟ هذا يدل على أن المنطق وحده لايكفي، إن علم البرهان ليس كل العلم، إن الحدس يجب أن يحتفظ بدوره كمكمل، كنت سأقول: كموازن أو ترياق للمنطق. ولقد أتيحت لي الفرصة من قبل أن أوكّد على المكانة التي ينبغي أن يحفظ بها الحَدْس في تدريس العلوم الرياضية. فبدون الحَدْس لن تعرف العقول الشابة كيف تفهم أصول الرياضيات، لن تتعلم كيف تحبها، وسترى فيها مجرد سفسطة لا طائل وراءها. وعلى الخصوص فإنها، بدون الحَدْس لن تصبح قادرة على تطبيقها.

أمّا الآن فإني أريد أن أتحدث، قبل كل شيء ، عن دور الحَدْس في العلم نفسه، فإذا كان نافعاً بالنسبة للطالب فإنه أكثر نفعاً بالنسبة للعالم المبدع.

- V -

نحن نبحث عن الواقع، فما هو الواقع؟

يخبرنا الفزيولوجيون أن العضويات مركبة من خلايا. ويضيف علماء الكيمياء أن الخلايا نفسها مركبة من ذرات. هل معنى هذا أن الخلايا أو الذرات تشكل الواقع أو، على الأقل، الواقع الوحيد؟ ألا تشكل الطريقة التي رُكِّبت بها تلك

الخلايا ، والتي تنتج عنها وحدة الفرد، واقعاً بدورها، واقعاً أكثر أهمية من تلك العناصر المعزولة؟ وعالم الطبيعيات الذي لم يدرس الفيل إلاّ بالمكروسكوب هل يعرف هذا الحيوان معرفة كافية؟

هناك شيء مماثل لهذا في الرياضيات. فالمنطقي يجزىء، إذا صحّ التعبير، كل برهنة إلى عدد كبير من العمليات الأولية. عندما نحلل هذه العمليات الواحدة بعد الأخرى ونلاحظ أن كل واحدة منها صحيحة هل نكون قد فهمنا المعنى الحقيقي للبرهنة؟ هل يتم فهمها حتى عندما، بالاعتماد على الذاكرة، نصبح قادرين على تكرارها بإعادة كل عملياتها الأولية وبنفس الترتيب الذي وضعها فيه المبدع؟

طبعاً لا، فنحن لا نملك بعد كل الواقع، وذلك الشيء الذي يمنح الوحدة لتلك البرهنة سيظل بعيداً عنا كلياً. فالتحليل الخالص يضع بين أيدينا مجموعة من الطرق التي تضمن العصمة من الخطأ، يفتح أمامنا آلاف السبل التي يمكن أن نسلكها بثقة، ونحن نملك الطمأنينة على أننا لن نصادق أية حواجز. ولكن، أي طريق من هذه الطرق يقودنا بسرعة إلى الهدف؟ مَنْ الذي يرشدنا إلى الطريق الذي يجب أن نختار؟ نحن في حاجة إلى مَلَكة ترينا الهدف من بعيد، وما هذه المَلَكة إلاّ الحَدْس. إنه ضروري بالنسبة للمستكشف ليختار طريقه، ولكنه ليس أقل ضرورة بالنسبة للذي يتبع المستكشف ويريد أن يعرف لماذا اختار ذلك الطريق دون غيره.

إذا شاهدتم مباراة في الشطرنج فإنه لن يكفي أن تلمّوا بقواعد اللعب لتفهموا المباراة. إذنْ، هذا الإلمام سيسمح لكم فقط بأن تعرفوا أن كل نقلة قد تمت حسب القواعد. وهذا الامتياز لن تكون له سوى قيمة ضئيلة. غير أنه نفس ما يقوم به من يقرأ كتابا في الرياضيات إذا كان فقط رجل منطق. إن فهم المباراة أمر آخر. إنه في معرفة لماذا ينقل اللاعب هذه القطعة بدل تلك الأخرى التي كان بإمكانه أن يحركها دون مساس بقواعد اللعب. إنه في إدراك السبب الجوهري الذي يجعل من سلسلة النقلات المتتالية كلاً منظمًا. وبالأحرى، فإن هذه المَلَكة ضرورية بالنسبة للاعب، أي للمبدع.

لنترك جانباً هذه المقارنة ولنعد إلى الرياضيات لنرى ما حدث مثلا بالنسبة لفكرة الدالّة المتصلة. في البداية لم تكن إلاّ صورة حسية و، على سبيل المثال،

صورة خط متصل مرسوم بالطباشير على السبورة، ثم هُذِّبت شيئاً فشيئاً، ولم تلبث أن استُعمِلت في بناء منظومة معقدة من اللامتساويات التي تحاكي. إذا صحّ التعبير، كل خطوط الصورة البدائية الأولية. وعندما تم هذا البناء أزيلت «العلاقة»، إذا صحّ التعبير، وطرِح ذلك التصور الخشن الذي كان له أساساً مؤقتاً والذي أصبح الآن غير نافع، لم يبق منه إلاّ البناء وحده، البناء الذي لا مأخذ عليه في عين المنطقي.

ومع ذلك ، لو أن تلك الصورة البدائية قد امحّت كلياً من ذاكرتنا فبأية وسيلة كنا سنعرف أن كل تلك اللامتساويات قد شُيدت بهذه الطريقة، الواحدة فوق الأخرى؟

ربما اعترضتم عليّ بأني أبالغ في استعمال المقارنات، مع ذلك اسمحوا لي بمقارنة أخرى. لقد رأيتم بدون شك تلك المجموعات الدقيقة من الإبر الصوانية التي تشكل هيكل بعض الإسفنجات. إنه لايبقى منها إلاّ شبيك ضعيف وأنيق عندما تكون المادة العضوية قد زالت. حقا، إنه لاشيء هنا غير الصوان، ولكن المهم هو الشكل الذي إتخذه الصوان والذي لايمكن أن نفهمه إذا كنا نجهل الإسفنجة الحية المسؤولة عن طبع هذا الشكل. كذلك الأمر بالنسبة للمفاهيم الحَدْسية التي عرفها آباؤنا. إنها حتى في حالة التخليّ عنها من طرفنا، هي التي مازالت تطبع شكل الصروح المنطقية التي أقمناها مكانها.

هذه النظرة الإجمالية ضرورية بالنسبة للمبدع، وهي ضرورية أيضاً بالنسبة للذي يريد حقيقة أن يفهم المبدع. فهل يمكن للمنطق أن يمنحنا إيّاها؟ كلا، والإسم الذي يطلقه الرياضيون على المنطق قد يكفي للبرهنة على ذلك، ففي الرياضيات يُطلق على المنطق اسم التحليل، والتحليل يعني التجزئة والتشريح. إنه لايمكن أن يتوفر على أداة أخرى غير المبضع والمكروسكوب. إذن، لكل من المنطق والحَدْس دوره الضروري. فهما معا ضروريان: المنطق، الذي يستطيع وحده أن يعطي اليقين، هو أداة البرهنة والحَدْس هو أداة الإبداع.

- VI -

في الوقت الذي أصوغ فيه تلك النتيجة أشعر بضرورة التدقيق فقد ميزت في البداية بين نوعين من العقول الرياضية، النوع الأول منطقي تحليلي، والنوع الثاني

حَدْسي هندسي. لكن التحليليين أيضاً كانوا مبدعين. والأسماء التي ذكرتها من قبل تغنيني عن التأكيد على هذه المسألة. غير أن هناك تناقضاً، ظاهرياً على الأقل يجب تفسيره. فهل صحيح أن أولئك المناطقة قد انتقلوا دائماً من العام إلى الخاص، كما يبدو أن قواعد المنطق الصوري تضطرهم إلى ذلك.

لم يكن ممكناً أن يوسّعوا حدود العلم بهذه الطريقة. فلا فتح علمياً بدون تعميم. ولقد أتيحت لي في أحد فصول «العلم والفرضية» فرصة لأدرس طبيعة البرهان الرياضي فبيّنت كيف يستطيع هذا البرهان من غير التخلّي عن دقته المطلقة أن يرفعنا من الخاص إلى العام بواسطة طريقة أسميتها الاستقراء الرياضي. بهذه الطريقة شيّد التحليليون العلم تدريجياً. وإذا بحثنا تفاصيل براهينكم سنجد تلك الطريقة في كل لحظة إلى جانب القياس الأرسطي الكلاسيكي.

إذن ندرك منذ الآن أن التحليليين ليسوا فقط صناع أقيسة بطريقة المدرسيين. فهل صحيح، من جهة أخرى، أنهم تصرّفوا دائماً بدون أن تكون لهم نظرة عن الهدف الذي يسعون إليه؟ لقد كان عليهم أن يتنبأوا بالسبيل المؤدّي إلى الهدف. لذلك كانوا في حاجة إلى مرشد. وهذا المرشد هو التماثل. وعلى سبيل المثال فإن من أعز البراهين عند التحليليين ذلك المبني على استعمال دوال الزيادة ونحن نعرف أنه قد استُغِل في حل العديد من المشكلات. ففي ماذا يتجلّ دور المبدع الذي يريد تطبيقه على مشكل جديد؟

عليه أولا أن يتعرّف على التماثل بين تلك المسألة والمسائل التي تمّ حلها من قبل بهذه الطريقة. ثم عليه أن يدرك نوع الاختلاف الموجود بين المسألة الجديدة والمسائل السابقة ليتمكن من إجراء التعديلات التي يتحتم إدخالها على الطريقة. ولكن كيف تُدْرك تلك الاختلافات وتلك التماثلات في المثال السابق؟ إنها تكاد تكون بديهية دائماً. إلاّ أنه يظل بإمكاني أن أجد أمثلة أخرى تبدو فيها خفية أكثر، فهي، غالباً، لكي تكتشف، تحتاج إلى حدة ذهن قليلة الشيوع. والتحليليون عليهم، لكي لاتفلت منهم تلك التماثلات الخفية، أي لكي يكونوا مبدعين، وبدون الاستعانة بالحواس والمخيلة، أن يملكوا الشعور المباشر بما يعطي الوحدة للبرهان، بما يعطيه، إذا صحّ التعبير، الروح والحياة الداخلية. إنك عندما تتحدث مع السيد (هرميت) فإنه لايستدعي أية صورة حسية ولكنك لاتلبث أن تلاحظ أن أكثر الكيانات تجريداً كانت بالنسبة له ككائنات حية. إنه لم يكن يراها، ولكنه يشعر بأنها ليست مجموعاً إصطناعياً، وإنما هناك مبدأ ما يخلق فيها وحدة داخلية.

سيقال إن هذا أيضاً حَدْس. فهل نختم بالقول بأن التمييز السابق لاوجود له إلاّ في الظاهر وأنه لايوجد إلاّ نوع واحد من الفكر الرياضي وأن الرياضيين حَدْسيون، أو على الأقل أولئك الذين بإمكانهم أن يبدعوا؟ كلا، إن تمييزنا يعكس شيئا من الواقع. فقد قلت سابقاً إن هناك أنواعاً كثيرة من الحَدْس، وقلت إن حَدْس العدد الخالص، الذي يمكن أن يعطي الاستقراء الرياضي الدقيق، يختلف كثيراً عن الحَدْس الحسي القائم على المخيلة، والمخيلة بحصر المعنى. فهل الهوّة الفاصلة بينهما أعمق مما يبدو لأول وهلة؟ وهل نحتاج فقط إلى قليل من الانتباه لندرك أن الحَدْس الخالص نفسه لايمكن أن يستغني عن معونة الحواس؟

هذه مسألة تهم الباحث السيكولوجي والمتافزيقي، ولن أناقشها. ولكن يكفي وجود شك بخصوص هذه المسألة لكي أقرر وجود اختلاف جوهري بين هذين النوعين من الحَدْس. إن موضوعهما ليس واحداً. ويبدو أن كل واحد منهما يستعمل مَلَكة مختلفة، يبدوان كأنهما مصباحان عظيمان مسلطان على عالمين غريبين عن بعضهما البعض. إن حَدْس العدد الخالص، حَدْس الصور المنطقية، هو الذي يضيء ويقود أولئك الذين سميناهم تحليليين في سبيل البحث. إنه ما يسمح لهم، لا بالبرهنة وحدها، بل بالاكتشاف أيضاً، بواسطته يتبينون، وبنظرة خاطفة، التصميم العام لبناء منطقي، وذلك من غير أن يبدو أن الحواس قد تدخلت في هذا العمل. إنهم يرفضون مساعدة الخيال الذي ليس دائمًا معصوماً من الخطأ، كما رأينا، يستطيعون التقدم بلا خوف من الزلل. فما أسعد هؤلاء الذين بإمكانهم الاستغناء عن تلك المساعدة! إنهم يستحقون الإعجاب، ولكنهم قليلون جداً.. إذن بالنسبة للتحليليين سيوجد بينهم مبدعون، ولكنهم سيكونون قليلي العدد.

إن أغلبنا إذا أراد أن ينظر بعيداً بواسطة الحَدْس الخالص وحده سيصاب بالدوار فوراً. إن هذا الضعف يحتاج صاحبه إلى عكاز أشد صلابة. فرغم الاستثناءات التي تحدثنا عنها يبقى صحيحاً أن الحَدْس الحسي هو الأداة العادية للاكتشاف في الرياضيات. وهناك سؤال يطرح نفسه بمناسبة الأفكار الأخيرة التي عبرت عنها، لكن ليس لدي الوقت للإجابة عنه أو لتوضيحه بكل التفرعات التي يتطلبها: هل هناك مجال للقيام بفصلة أخرى للتمييز ضمن التحليليين بين أولئك الذين يستعملون الحَدْس الخالص قبل كل شيء وأولئك الذين يهتمون بالمنطق الصوري بالدرجة الأولى؟

وعلى سبيل المثال فإن السيد (هرميت) الذي تحدثت عنه سابقاً لايمكن أن يُصنّف مع المهندسين الذين يستعملون الحَدْس الحسي، ولكنه ليس منطقياً بالمعنى الدقيق، فهو لايخفي اشمئزازه من الطرق الاستنباطية التي تنتقل من العام إلى الخاص.

الفصل الثاني:

قياس الزمن

- I -

ما دمنا في ميدان الشعور فإن مفهوم الزمن يظل واضحاً نسبياً. فنحن لانميز فقط بين الإحساس الحاضر والأحاسيس الماضية أو توقع الأحاسيس المقبلة، ولكننا نعرف جيداً ماذا نعني عندما نقرر أن ظاهرتين شعوريتين احتفظنا بذكراهما قد سبقت إحداهما الأخرى، أو إن إحدى ظاهرتين شعوريتين متوقعتين ستحدث قبل الأخرى.

إننا عندما نقول إن حادثتين شعوريتين متزامنتان نعني أنهما تتداخلان بعمق وإلى درجة أن التحليل الذي يسعى إلى فصلهما لن يتم له ذلك إلا بتشويههما. فالنظام الذي نرتب الحوادث الشعورية داخله لايتضمن أي تعسف، إنه مفروض علينا ولانستطيع أن نغير منه شيئاً.

لم تبق لي سوى ملاحظة أريد إضافتها: لكي يصبح مجموع إحساسات ذكرى قابلاً للترتيب داخل الزمن يجب أن يكون ذلك المجموع قد كفّ عن كونه حاليا، أن نكون قد فقدنا الحس بتعقده اللانهائي، وإلاّ ظل حالياً. يجب، إذا جاز التعبير، أن يكون قد تبلور حول محور ترابطات أفكار ستكون كنوع من البطاقة.

لانستطيع أن نرتب ذكرياتنا داخل الزمن إلاّ بعد أن تكون قد فقدت كل حياة، وذلك مثلما يفعل عالم النباتات الذي يرتب الزهور المجففة داخل معشبته غير أن تلك البطاقات لايمكن أن يكون عددها إلاّ نهائيا.

وعلى هذا، فالزمن السيكولوجي يكون زمناً منفصلا. فمن أين هذا الإحساس بأن بين لحظتين معينتين توجد لحظات أخرى؟ إننا نرتب ذكرياتنا داخل الزمن، لكنّا نعرف أن هناك خانات فارغة. فكيف يمكن لهذا أن يحدث إذا لم يكن الزمن صورة موجودة قَبْلاً في ذهننا، صورة قَبْلية؟ ومن أين لنا أن نعرف أن هناك خانات فارغة إذا كانت هذه الخانات لاتتكشف لنا إلاّ عن طريق محتواها؟

ليس ذلك فقط، فنحن لانريد أن ندخل في تلك الصورة ظواهر شعورنا وحده، ولكن أيضاً تلك التي يكون شعور الآخرين مسرحاً لها. وأكثر من هذا إننا نريد أن ندخل فيها الحوادث الفزيائية، تلك الأشياء التي نملأ بها المكان ولايراها مباشرة أي شعور. وهذا ضروري، وإلاّ استحال العلم.

باختصار: الزمن النفسي مُعطى لنا، ولكننا نريد أن نَخْلقَ الزمن العلمي والفزيائي. من هنا تبدأ الصعوبة، بل الصعوبات، وهي نوعان: هذان شعوران يشبهان عالمين لاينفذ أحدهما إلى الآخر، فبأي حق نريد أن ندخلهما في نفس القالب، أن نقيسهما بنفس القامة؟ أليس ذلك مثل لو أنّا أردنا أن نقيس بالغرام وأن نزن بالمتر؟

وبالإضافة إلى ذلك، لماذا نتحدث عن قياس؟ فنحن قد نعرف أن حادثاً سابق في الحدوث على اخر، ولكنّا لانعرف بكم.

إذنْ، هناك مشكلتان:

١ ـ هل نستطيع أن نحوّل الزمن السيكولوجي، الكيفي، إلى زمن كمي؟

٢ ـ هل نستطيع أن نردّ حوادث تقع في عوالم مختلفة إلى نفس القياس؟

- III -

الصعوبة الأولى قد لوحظت منذ زمن قديم، فقد كانت موضوع نقاشات طويلة، ويمكن القول إن هذه المسألة قد حُلّت.

ليس لدينا حَدْس مباشر لتساوي مدتين من الزمن. والذين يعتقدون أنهم يملكون هذا الحَدْس إنما هم ضحية خدعة.

ماذا يعني قولي: لقد مرّ نفس الزمن بين الساعة الثانية عشرة والواحدة، وبين الساعة الثانية والثالثة؟ إن أدنى تفكير يظهر نه لامعنى له في حد ذاته. لن يكون له إلّا المعنى الذي أمنحه له بواسطة تعريف سيتضمن، يقيناً، درجة ما من التعسف. وقد يمكن أن يتخلّ السيكولوجي عن هذا التعريف، لكن الفزيائيين والفلكيين لايستطيعون ذلك. فلنر كيف حلّوا المشكلة: لقياس الزمن يستعملون البندول، ويسلّمون أن كل دقات البندول متساوية المدة بالتعريف. غير أن هذا ليس سوى تقريب أولي. فالحرارة، ومقاومة الهواء، والضغط الجوي تغيّر حركة البندول. وإذا تخلّصنا من أسباب الخطأ هذه، فإننا سنحصل على تقريب أكبر، ولكنه لن يكون بدوره إلّا تقريباً. وهناك أسباب جديدة أخرى، مُهمَلة حتى الآن، كالأسباب الكهربائية والمغناطيسية وغيرها، قد تتدخل لتحدث اضطرابات صغيرة.

في الواقع، إن أحسن الساعات يجب أن تُعدّل من وقت لأخر، وهذه التصحيحات تتم بواسطة الملاحظات الفلكية، ونتدبر الأمر بحيث تشير الساعة الفلكية إلى نفس الساعة عندما تمرّ نفس النجمة في الهاجرة، بعبارة أخرى، إن اليوم الفلكي، أي مدة دوران الأرض، هو الوحدة الثابتة لقياس الزمن. ونحن نفترض، بواسطة تعريف جديد، يقوم مقام التعريف المُستخرَج من دقات البندول، أن دورتين تامتين للأرض حول محورها تستغرقان نفس المدة.

مع ذلك فإن الفلكيين لم يرضوا بعد عن هذا التعريف، فالكثيرون منهم يعتقدون أن المد والجزر يؤثران في كوكبنا على شكل مكبح (حصار) وأن دوران الأرض آخذ في البطء شيئاً فشيئاً. هكذا قد يفسر التسارع الظاهري في حركة القمر، الذي قد يبدو مسرعا في حركته، أكثر مما تسمح له به النظرية، لأن ساعتنا، التي هي الأرض، قد تتباطأ.

- IV -

قد يُقال: كل هذا لايهم، فأجهزتنا القياسية ناقصة بدون شك، ولكن يكفي أن نكون قادرين على تصور جهاز كامل. هذا المثال لايمكن أن يتحقق، ولكن يكفي أن نكون قد تصورناه، فأدخلنا بذلك الدقة في تعريف وحدة الزمن. إلّا أنه

لسوء الحظ لاتتوفر فيه تلك الدقة.

فما هي المصادرة التي نقبلها ضمناً عندما نستعمل البندول لقياس الزمن؟ إن مدة ظاهرتين مماثلتين واحدة، أو إذا آثرتم تعبيراً آخر، إن نفس الأسباب تستغرق نفس الوقت، لإعطاء نفس النتائج. وهذا، للوهلة الأولى، تعريف جيد لتساوي مدتين. فلنَحْذَرْهُ مع ذلك، أليس من الممكن أن تكذِّب التجربة يوما مصادرتنا؟ سأوضح: أفترض أنه في نقطة معينة من العالم تحدث الظاهرة (ط) التي تؤدّي بعد وقت معين إلى حدوث الظاهرة النتيجة (ظ)، وفي نقطة بعيدة جدا عن الأولى تحدث في العالم الظاهرة (د) التي تؤدي إلى حدوث الظاهرة (ذ) كنتيجة. الظاهرتان (ط) و(د) متزامنتان، وكذلك النتيجتان (ظ) و(ذ).

في فترة لاحقة تحدث الظاهرة (ط) في ظروف مماثلة تقريباً، وفي نفس الوقت تحدث الظاهرة (د)، في نقطة أبعد في العالم، وتقريباً في نفس الظروف. والنتيجتان (ظ) و(ذ) ستحدثان بدورهما. أفترض أن الحادث (ظ) قد وقع بشكل ظاهر قبل الحادث (ذ). وإذا ما هيأت لنا التجربة رؤية مشهد كهذا، فإن مصادرتنا ستصبح كاذبة. ذلك أن التجربة ستخبرنا أن المدة (ط-ظ) الأولى مساوية للمدة (د-ذ)، بينما مصادرتنا تتطلب أن تكون المدتان (ط-ظ) متساويتين والمدتان (د-ذ) متساويتين أيضاً. المتساوية واللامتساوية المستنبطتان من التجربة ستكونان متناقضتين مع المتساويتين المستخرجتين من المصادرة.

والحالة هذه، هل يمكن القول إن الفرضيات التي كنت بصدد الإدلاء بها فرضيات لامعقولة؟ إنها لاتتناقض مع مبدأ التناقض. ولاشك أنها لايمكن أن تتحقق إلّا بخَرْق مبدأ السبب الكافي. ومع ذلك فإني أفضل ضمانة أخرى لتبرير تعريف أساسي كهذا.

- V -

لم ننته بعد.

في الواقع الفزيائي، السبب لايؤدي إلى نتيجة، وإنما هناك كَثْرَةٌ من الأسباب المتمايزة تساهم في حدوث النتيجة من غير أن تكون لدينا وسيلة لتمييز دور كل واحد منها.

الفزيائيون يسعون إلى القيام بهذا التمييز، ولكنهم لايقومون به إلّا بشكل

تقريبي. وكيفما كان التقدم الذي يحققونه، فإنهم لايقومون بذلك التمييز إلا بشكل تقريبي دائمًا.

وإنه ليكاد يكون صحيحاً أن حركة البندول لاتخضع إلاّ لجاذبية الأرض ولكن إذا، شئنا الدقة الكاملة، فإننا يجب أن ندخل في الاعتبار كل الجاذبيات، بما فيها الأبعد، وهي جاذبية «سيريوس» الشعري اليمانية. في هذه الظروف، من الواضح أن الأسباب التي أدّت إلى نتيجة معينة لايمكن أن تتكرر إلاّ بشكل تقريبي.

وفي هذه الحالة يجب أن نقوم بتعديل مصادرتنا وتعريفنا:

بدل القول:

«نفس الأسباب تستغرق نفس الوقت لإحداث نفس النتائج»

يجب أن نقول: «الأسباب المماثلة، تقريباً، تستغرق نفس الوقت، تقريباً، لإحداث نفس النتائج، تقريباً»

لم يعد تعريفنا إذاً إلاّ تعريفا تقريبياً. زدْ على هذا، كما يشير السيد كالنون في دراسته (بحث في مختلف الكميات ـ باريس ـ غوتي ـ فيار ١٨٩٧): «من شروط أية ظاهرة سرعة دوران الأرض. إذا تغيرت هذه السرعة فإنها تشكّل عند إعادة الظاهرة شرطاً لم يعد مماثلاً لذاته. ولكن أن نفترض أن تلك السرعة ثابتة معناه أن نفترض أننا نعرف قياس الزمن»

مازال إذن تعريفنا غير مرض. ويقينا ليس هذا هو ما يتبناه الفلكيون، الذين تحدثت عنهم من قبل، عندما يقررون أن حركة الأرض تتجه نحو التباطؤ. إن موقفهم لايمكن أن يُفهَم إلاّ من خلال تحليل الأدلّة التي يعطونها لتأكيد قضيتهم.

يقولون أولاً إن احتكاك المد والجزر ينتج حرارة تقضي على القوة الحية. إنهم يذكرون إذن مبدأ القوى الحية أو حفظ الطاقة. ثم إنهم يضيفون بأن التسارع القرني، الذي يعرفه القمر، والمحسوب حسب قانون نيوتن، سيكون أصغر مما يمكن استنباطه من الملاحظات إذا لم ندخل التعديلات المتعلقة بتباطؤ الدوران الأرضي. إنهم يذكرون إذن قانون نيوتن.

بعبارة أخرى. إنهم يعرّفون المدة بالطريقة التالية: الزمن يجب أن يُعرّف

بحيث يكون قانون نيوتن وقانون القوى الحية قابلين لأن يُتحقق منهما.

قانون نيوتن تقريبي، مستمد من التجربة. وما دام كذلك، فإن هذا القانون قانون تقريبي فقط، الأمر الذي يبين أنه ليس لدينا حتى الآن سوى تعريف تقريبي. أمّا إذا افترضنا أنه تم تبني طريقة أخرى لقياس الزمن فإن التجارب التي قام عليها قانون نيوتن لن تقل عنها صدقاً. فقط: سيتغير التعبير عن القانون لأنه سيُصاغ بلغة أخرى. وبالطبع سيكون أيضاً أقل بساطة، بحيث أن التعريف الضمني المتبنى من قبل الفلكيين يمكن تلخيصه على الشكل التالي: الزمن يجب أن يُعرّف بطريقة تكون معها معادلات المكانيكا بأعلى ما يمكن من البساطة.

بعبارة أخرى: ليس هناك طريقة لقياس الزمن تكون أكثر صحة من غيرها. إن التي تُتَبَنىًّ عادة هي فقط تلك التي تكون أكثر ملاءمة. وعن ساعتين ليس لنا الحق في القول إن الأولى دقيقة والثانية ليست كذلك، وكل ما نستطيع قوله إن من الأفيد الرجوع إلى الاشارات الأولى.

هذه الصعوبة التي كنا نعالجها أُثيرت مرارا كما سبق أن أشرت إلى ذلك. ومن بين المؤلفات الأخيرة التي اهتمت بها أذكر كتيب السيد كالنون وبحث السيد اندراد في المكانيكا.

- VI -

المشكلة الثانية لم تثر إلاّ اهتماماً أقل رغم أنها مماثلة للسابقة، بل، منطقياً، كان يجب أن أتحدث عنها قبل الأولى: ماذا أعني حين أقول، عن ظاهرتين سيكولوجيتين تحدثان في شعورين مختلفين، إنهما متزامنتان؟ وماذا أعني عندما أقول، عن ظاهرة فزيائية تجري خارج كل شعور، إنها لاحقة أو سابقة على ظاهرة سيكولوجية؟

في سنة ١٥٧٢ لاحظ تيشو ـ براهي نجمة جديدة في السماء. احتراق ضخم وقع في أحد الكواكب البعيدة جدا، ولكنه كان قد حدث قبل ذلك بمدة طويلة. ولقد تطلّب الأمر على الأقل مائتي سنة قبل أن يصل إلى الأرض الضوء الآتي من الكوكب المحترق. هذا الاحتراق كان سابقاً إذن لاكتشاف أمريكا.

والحالة هذه، عندما أقول ذلك، وأعتبر هذا الحادث الضخم الذي ربما لم يكن عليه شهود، لأن الكواكب التابعة للكوكب المذكور لايمكن أن يوجد بها

سكان، ماذا أعني حين أقول إن هذا الحادث سابق لتكوّن صورة أمريكا في شعور كريستوف كولمب؟

يكفي القليل من التفكير لإدراك أن تلك الأقوال لامعنى لها في حد ذاتها. ولايمكن أن يكون لها معنى إلا بعد مواضعة.

VII

يجب أن نتساءل أولا عن الكيفية التي استطعنا أن نكتسب بواسطتها فكرة إدخال هذا العدد من العوالم، التي لاينفذ أحدها إلى الآخر في إطار واحد؟

نريد أن نتصور العالم الخارجي، وانه بهذا نعتقد أننا نعرفه. ونعرف أننا لايمكن أن نصل إلى هذا التصور لأن عجزنا كبير جدا. فنريد أن نتمكن على الأقل من تخيل عقل لانهائي يصبح ذلك التصور بإمكانه، أن نتخيل نوعاً من الشعور العظيم الذي يرى كل شيء، يرتب كل شيء في زمانه كما نرتب نحن في زماننا القليل من الأشياء التي نراها.

هذه الفرضية بدائية وناقصة، لأن ذلك العقل الأعظم لن يكون سوى نصف إله، لامتناهٍ من جهة، ومحدود من جهة أخرى، ما دام لن يملك من الماضي إلاّ ذكرى ناقصة، وهو لايمكنه غير هذا، لأنه بدون ذلك ستصبح كل الذكريات حاضرة فيه، ولن يكون هناك زمن بالنسبة له، ولكن، عندما نتحدث عن الزمن، فيما يخص كل ما يجري خارجنا، ألاّ نتبنى لاشعورياً تلك الفرضية؟ الا نضع أنفسنا مكان ذلك الإله الناقص؟ والملحدون ألا يضعون أنفسهم في نفس موضع الإله، لو أنه وجد؟

ما سبق ذكره قد يظهر لنا لماذا سَعَيْنا إلى إدخال الظواهر الفزيائية في إطار واحد، ولكنه لايمكن أن يشكل تعريفاً للتزامن ما دام ذلك العقل الافتراضي، لو وجد، سيكون مغلقاً بالنسبة لنا. إذنْ يجب أن نبحث عن شيء آخر.

- VIII -

لن تكفينا التعاريف العادية التي تصلح للزمن السيكولوجي. إن حادثتين سيكولوجيتين متزامنتين حادثتان مرتبطتان ارتباطاً لايمكن معه للتحليل فصلهما من

غير تشويهها. فهل يصح نفس الشيء على حادثتين فزيائيتين؟ أليس حاضري أقرب إلى ماضي بالأمس منه إلى حاضر الشعري اليمانية؟ لقد قيل كذلك إن حادثتين يمكن النظر إليهما كحادثتين متزامنتين إذا كان نظام تتابعهما قابلاً للقلب متى شئنا ذلك. وبدهي أن هذا التعريف لايمكن أن يصلح بالنسبة لحادثتين فزيائيتين تقع كل واحدة منهما على مسافة كبيرة بعيداً عن الأخرى، وأنه، فيما يخصنا، لن نفهم ما يمكن أن تكونه تلك القابلية للقلب. زد على ذلك أن التتابع نفسه هو الذي يجب أن يعرف في البداية.

- IX -

لنحاول التأكد بأنفسنا مما نعنيه بالتزامن أو التعاقب، ولنأخذ من أجل ذلك أمثلة.

كتبت رسالة. قرأها، فيما بعد، الصديق الذي أرسلتها إليه. هذان حادثان مسرحهما شعوران مختلفان.

وأنا أكتب تلك الرسالة كانت لي صورة بصرية عنها، وكان لصديقي نفس الصورة وهو يقرأ الرسالة.

رغم أن هذين الحادثين يقعان في عالمين لاينفذ أحدهما إلى الآخر فإني لا اتردد في النظر إلى الأول كسابق للثاني لأني أعتقد أن الثاني سببه الأول.

وأسمع الرعد فاستنتج أنه قد حدث تفريغ كهربائي، ولا أتردد في اعتبار الحادث الفزيائي سابقاً للصورة الصوتية التي طرأت على شعوري لأني أعتقد أن الأول سببه الثانية.

هذه هي القاعدة التي نتبعها، القاعدة الوحيدة التي نستطيع اتباعها: عندما يبدو لنا حادث كسبب لآخر ننظر إليه كسابق للثاني.

إذن: نحن نعرف الزمن بواسطة السبب. ولكن كيف نتعرّف، في الغالب الأغلب، وفي حادثتين تبدوان مرتبطتين بعلاقة ثابتة، عن السبب والنتيجة؟ نفترض أن الحادث السابق، المقدم، هو سبب الآخر، النتيجة.

إذن: نحن نعرف السبب بواسطة الزمن.

كيف نتخلّص من هذه المصادرة على المطلوب؟

مرة نقول: Post hoc, ergo propter hoc

ومرة نقول : Propter hoc, ergo post hoc

كيف نخرج من هذه الحلقة المفرغة؟

- X -

لنر إذن كيف نحاول التخلّص منها لا كيف نصل إلى التخلّص منها بالفعل إذْ أننا لانتخلّص منها كلياً.

أقوم بالفعل الإرادي (أ) فيطرأ عليّ فيما بعد الإحساس (د) الذي أنظر إليه كنتيجة للفعل (أ). من جهة أخرى، ولأي سبب، استنتج أن تلك النتيجة ليست فورية، وأنه قد جرى خارج شعوري حادثان لم أشهدهما وهما (ب) و(ج)، بحيث تكون (ب) نتيجة (أ)، و(ج) نتيجة (ب)، و(د) نتيجة (ج).

لماذا ذلك؟

إذا كانت لدي أسباب تدفعني إلى اعتبار الحوادث الأربعة (أ) ـ (ب) ـ (ج) ـ (د)، حوادث مرتبطة برباط السببية، فلماذا أرتبها داخل النظام السببي (أ) ـ (ب) ـ (ج) ـ (د)، وفي نفس الوقت داخل النظام الزمني (أ) ـ (ب) ـ (ج) ـ (د)، ولا أرتبها داخل نظام آخر مهما كان؟

الاحظ جيداً أني في الفعل (أ) كان لدي الشعور بأني فاعل بينما في الإحساس (د) كان لدي الشعور بأني منفعل. لذلك أنظر إلى (أ) كسبب أولي وأنظر إلى (د) كنتيجة أخيرة. لهذا السبب أضع (أ) في بداية السلسلة و(د) في آخرها. ولكن لماذا (ب) قبل (ج) وليس بعدها؟

عندما يُطرح هذا السؤال يجُاب عنه عادة هكذا: نعرف جيداً أن (ب) هي سبب (ج) ما دمنا نلاحظ دائمًا أن (ب) تقع قبل (ج). وعندما نلاحظ هذين الحادثين نجد أنهما يجريان في نظام معين. كذلك الأمر بالنسبة لحوادث تقع خارج ملاحظتنا فلا داعي لقلب ذلك النظام فيما يخصها. ما في ذلك شك. ولكن لنَحْذَر الأمر. فنحن لانعرف، مباشرة الحادثين الفزيائيين (ب) و(ج)، ما نعرفه احاسيس، الإحساسين (ب) و(ج) اللذين أنتجهما بالتتالي (ب) و(ج). شعورنا

يخبرنا فوراً أن (بَ) سبق (جَ)، فنفترض أن (ب) و(ج) يتتابعان في نفس النظام.

هذه القاعدة تبدو بالفعل طبيعية جداً، ولكننا مع ذلك نخالفها في أغلب الأحيان. لانسمع صوت الصاعقة إلاّ بعد ثوان من وقوع التفريغ الكهربائي في السحاب.

وضربتا صاعقتين، إحداهما بعيدة والأخرى قريبة، ألا يمكن أن تكون إحداهما سابقة للأخرى بالرغم من أن صوت الثانية يصلنا قبل صوت الأولى؟

- XI -

صعوبة أخرى: هل لدينا الحق في الحديث عن سبب ظاهرة؟ إذا كانت كل أجزاء الكون مترابطة إلى حد ما فإن أية ظاهرة لن تكون نتيجة سبب مفرد، وإنما محصلة أسباب لانهاية لعددها. إنها، كما يُقال غالباً، نتيجة حالة الكون في لحظة سابقة. فكيف نضع قواعد قابلة للتطبيق على ظروف في مثل هذا التعقيد؟ مع ذلك، وبغير هذا، لن تكون تلك القواعد عامة ودقيقة. ولنضع فرضية ، أكثر بساطة، لكي لانضيع داخل هذا التعقيد اللانهائي. لنعتبر ثلاثة كواكب، ولتكن مثلا الشمس والمشتري وزحل. ومن أجل مزيد من التبسيط، سننظر إليها كنقط مادية منعزلة عن بقية الكون. إن مواقع وسرعات هذه الأجسام الثلاثة في لحظة معينة تكفي لتحديد مواقعها وسرعاتها في اللحظة التالية، وبالتالي في أي لحظة. ومواقعها في اللحظة (ط) ستحدد مواقعها في اللحظة (ط + هـ)، وكذلك مواقعها في اللحظة (ط - هـ). بل إن موقع المشتري في اللحظة (ط)، إذا أضيف إليه موقع زحل في اللحظة (ط + أ)، يحدد موقع المشتري، في أي لحظة، وموقع زحل في أية لحظة ومجموع المواقع التي يحتلها المشتري في اللحظة (ط + ع)، وزحل في اللحظة (ط + أ + ع)، مرتبطة بمجموع المواقع التي يحتلها المشتري في اللحظة (ط) وزحل في اللحظة (ط + أ) بواسطة قوانين لاتقل دقة عن قانون نيوتن، وإنْ كانت تقل عنه ببساطة . آنئذٍ، لماذا لانتظر إلى إحدى هاتين المجموعتين كسبب للأخرى ، الأمر الذي يقودنا إلى اعتبار اللحظة (ط) بالنسبة للمشتري واللحظة (ط + أ) بالنسبة لزحل كلحظتين متزامنتين؟ لايمكن أن يُقدَم هنا سوى أسباب متعلقة بالملاءمة والبساطة بالرغم من أنها بلا شك أسباب قوية.

- XII -

ومع ذلك فلنمر إلى أمثلة أقل اصطناعاً. فلكي نتبنى التعريف الذي يقبله

العلماء ضمنياً يجب أن نراهم يعملون وأن نبحث عن أي القواعد يتبعون في دراستهم للتزامن.

سآخذ مثالين بسيطين: قياس سرعة الضوء وتحديد خطوط الطول. عندما يقول لي عالم فلكي إن ظاهرة كوكبية يكشفها التلسكوب الآن هي مع ذلك ظاهرة حدثت منذ خمسين عاماً أبحث عما يعنيه بهذه العبارة، أسأله أولاً كيف عرف ذلك، أي كيف قاس سرعة الضوء. لقد بدأ بافتراض أن سرعة الضوء ثابتة وأنها، بصفة خاصة، لاتتغير في كل الاتجاهات.

هذه مصادرة بدونها لايمكن محاولة أي قياس لتلك السرعة. وهي مصادرة لايمكن التحقق منها بواسطة التجربة مباشرة. يمكن أن تكذّبها التجربة لو أن نتيجة مختلف القياسات كانت متنافرة. ويجب أن نعتبر أنفسنا سعداء لأن هذا التناقض لم يحدث، وأن تلك التنافرات الصغيرة التي قد تحدث يمكن تفسيرها بسهولة.

وعلى أية حال، فإن هذه المصادرة المتطابقة مع مبدأ السبب الكافي قد تمّ قبولها من طرف الجميع. وما أريد أن أشير إليه هو أنها تعطينا قاعدة جديدة لبحث التزامن مخالفة لكل ما سبق ذكره. إذا قبلت هذه المصادرة فلنر كيف قيست سرعة الضوء.

نعرف أن «رمر» قد استعمل كسوفات توابع المشتري وحاول أن يعرف بكم يتأخر الحدث عن التوقع. ولكن كيف يتم القيام بهذا التوقع؟ بواسطة قوانين فلكية، قانون نيوتن، مثلا.

أفلا يمكن تفسير الحوادث الملاحظة بطريقة جيدة أيضاً لو أعطينا لسرعة الضوء قيمة مختلفة قليلاً عن القيمة المتبناة، ولو افترضنا أن قانون نيوتن ماهو إلاّ قانون تقريبي؟ سنكون فقط مضطرين إلى تغيير قانون نيوتن بآخر أكثر تعقيداً.

وهكذا نعطي لسرعة الضوء قيمة بحيث تكون القوانين الفكلية المنسجمة مع تلك القيمة في أكثر ما يمكن من البساطة.

وعندما يحدد البحارة أو الجغرافيون خط بُعدٍ فإن عليهم أن يحلّوا نفس المشكلة التي تشغلنا: يجب أن يقيسوا الوقت في باريز من غير أن يكونوا في باريز. كيف يتوصلون إلى ذلك؟

إمّا أنهم يحملون ساعة مضبوطة في باريز. وبذلك يُردّ المشكل الكيفي

للتزامن إلى المشكل الكمي لقياس الزمن. وليس عليّ أن أعود إلى القضايا المتعلقة بالمسألة الأخيرة ما دمت قد عالجتها مطوّلا من قبل. وإمّا أنهم يلاحظون ظاهرة فلكية مثل خسوف القمر فيفترضون أن هذه الظاهرة قد لوحظت في نفس الوقت في كل نقط الكرة الأرضية. وهذا أمر ليس صحيحاً كلياً لأن انتشار الضوء ليس فوريا.

وإذا أردنا دقة مطلقة فإن علينا أن نقوم بتصحيح يتم حسب قاعدة معقدة. وإمّا أنهم، أخيراً، يستعملون التلغراف. ومن الواضح، أولا أن تلقي الإشارة في برلين مثلاً لن يتمّ إلاّ بعد إصدارها من باريز، فهو تالٍ. وهذه قاعدة السبب والنتيجة التي حللناها سابقاً. ولكن تلقي الإشارة بكم يكون تالياً؟

عادة نهمل مدة الإرسال وننظر إلى الحادثين على أنهما متزامنان. غير أنه، من أجل الدقة، كان يجب القيام بتصحيح صغير آخر يتم حسب حساب معقد لانقوم به في التطبيق لأنه سيكون أقل من أخطاء الملاحظة، إلاّ أن ضرورته النظرية تبقى قائمة من وجهة نظرنا التي هي وجهة نظر التعريف الدقيق. من هذه المناقشة أريد أن ألحّ على أمرين:

١ ــ القواعد المطبقة مختلفة جداً.

٢ ــ من الصعب فصل المشكل الكيفي للتزامن عن المشكل الكمي لقياس الزمن سواء تعلّق الأمر باستعمال ساعة أو باعتبار سرعة الإرسال، مثل سرعة الضوء، إذْ لايمكن قياس سرعة مماثلة بدون قياس الزمن.

- XIII -

من الأليق أن نلخص:

ليس لدينا حَدْس مباشر للتزامن ولا لتساوي مدتين. وإذا اعتقدنا أننا نملك هذا الحَدْس فالأمر مجرد خدعة. ونحن نعوِّض هذا باستعمال بعض القواعد التي نطبقها دائمًا بدون أن نشعر.

فما هي طبيعة هذه القواعد؟ ليس هناك قاعدة عامة، ولا قاعدة دقيقة، بل عدد من القواعد الصغيرة القابلة للتطبيق على كل حالة خاصة. وهذه القواعد ليست مفروضة علينا ويمكن أن نتسلىّ بخلق غيرها. غير أننا لايمكن أن نبتعد عنها من غير أن نعقّد كثيراً التعبير عن قوانين الفزياء والميكانيكا والفلك. إذنْ، فنحن

نختار تلك القواعد لا لأنها صحيحة، ولكن لأنها الأكثر ملاءمة، ويمكن أن نلخّصها في قولنا: «تزامن حادثين أو نظام تتابعهما أو تساوي مدتين يجب أن يعرف بحيث يكون التعبير عن القوانين الطبيعية بسيطاً قدر الإمكان. وبعبارة أخرى: كل هذه القواعد، كل هذه التعاريف، ليست سوى ثمرة انتهازية لاشعورية»

الفصل الثالث:

مفهوم المكان

١ ـ مقدمة:

في المقالات التي خصصتها سابقاً لمفهوم المكان الحت بصفة خاصة على المشاكل التي أثارتها الهندسة اللاأقليدية تاركاً جانباً بصفة كلية، تقريباً، مسائل علاجها أصعب. من هذه المسائل مثلا تلك المتعلقة بعدد الأبعاد.

كل الهندسات التي درستها كان لها، إذنْ، أساس مشترك؛ تلك المجموعة الاتصالية ذات الأبعاد الثلاثة التي كانت واحدة بالنسبة لكل الهندسات، والتي لم تكن تختلف إلاّ بالأشكال التي ترسم عليها، أو عندما ندعي قياسها.

في هذه المجموعة الاتصالية، التي هي أصلاً عديمة الشكل، يمكن أن نتخيل شبكة من الخطوط والمساحات، ويمكن بعد ذلك أن نتواضع على اعتبار حلقات تلك الشبكة متساوية فيما بينها. إنه فقط بعد هذه المواضعة تصبح تلك المجموعة الاتصالية، إذْ تصير قابلة للقياس، المكان الأقليدي، أو المكان اللاأقليدي.

ومن هذه المجموعة الاتصالية، العديمة الشكل يمكن، بلا تمييز، استخراج هذا المكان أو ذاك، مثلما يمكن أن نرسم، بلا تمييز، على ورقة بيضاء، مستقيمًا أو دائرة. وفي المكان نعرف مثلثات مستقيمة الأضلاع يساوي مجموع زواياها قائمتين،

ولكنا نعرف أيضاً مثلثات منحنية الأضلاع بساوي مجموع زواياها أقل من قائمتين. ووجود تلك ليس أقل عرضة للشك من وجود هذه.

أنْ نعطي لأضلاع الأولى أسم المستقيمات معناه اعتماد الهندسة الأقليدية. وأن نعطي لأضلاع الثانية اسم المستقيمات معناه اعتماد الهندسة اللاأقليدية. ذلك بحيث أن التساؤل عن أي هندسة نعتمد معناه: على أي خط يجدر بنا إطلاق اسم المستقيم؟ وبدهي أن التجربة لايمكن أن تحلّ مشكلة كهذه. فنحن لانطلب من التجربة مثلا أن تقرر إذا ما كان عليّ أن أسمي مستقيما (أ. ب) أو (ج. د). من جهة أخرى، لا أستطيع كذلك أن أقول إنه ليس لديّ الحق في إطلاق إسم المستقيمات على أضلاع المثلثات اللاأقليدية لأنها غير مطابقة للفكرة الأبدية عن المستقيم، تلك التي أمتلكها بواسطة الحَدْس. أقرّ أن لي فكرة حدسية عن ضلع المثلث الأقليدي ولكن، لديّ أيضاً فكرة حَدْسية عن ضلع المثلث اللاأقليدي. فلماذا يكون لي الحق في إطلاق اسم المستقيم على الأولى، ولا يكون لي نفس الحق في إطلاقه على الثانية؟ ولماذا يكون هذان المقطعان اللفظيان جزءا لايتجزأ من تلك الفكرة الحَدْسية؟ واضح أننا عندما نقول إن المستقيم الاقليدي مستقيم حقيقي وأن المستقيم اللاأقليدي ليس مستقيمًا حقيقياً، أننا إنما نعني، بكل بساطة، أن الفكرة الحَدْسية الأولى تقابل موضوعاً أكثر بروزاً من الثانية. ولكن كيف نحكم بأن ذلك الموضوع أكثر بروزاً؟ ذلك ما بحثته في «العلم والفرضية».

لقد رأينا التجربة تتدخل هنا: إذا كان المستقيم الأقليدي أكثر وضوحاً من المستقيم اللاأقليدي فلأنه قبل كل شيء لايختلف إلّا قليلا عن بعض الموضوعات الطبيعية البارزة التي يختلف عنها المستقيم اللاأقليدي اختلافاً كبيراً.

قد يُقال: ولكن تعريف المستقيم اللاأقليدي تعريف اصطناعي. لنحاول اعتناق هذا الرأي لحظة، وسنرى أن دائرتين ليس لهما نفس الشعاع يقبلان معاً إسم المستقيم اللاأقليدي، بينما دائرتان لهما نفس الشعاع يمكن لإحداهما أن تستوفي التعريف ولايمكن للأخرى أن تستوفيه. إذنْ: حين ننقل أحد المستقيمين المزعومين دون أن نبدل شكله فإنه لن يظل مستقيما. ولكن بأي حق نعتبرهما متساويين، هذين الشكلين اللذين يسميهما علماء الهندسة الأقليدية دائرتين لهما نفس الشعاع؟ ذلك أنه إذا نقلنا إحداهما بدون تغيير شكلها نستطيع أن نجعلها تطابق الأخرى. ولماذا نقول إن هذا النقل قد تمّ بدون تغيير للشكل؟ يستحيل أن نعطي مبرراً جيداً لذلك. ومن بين كل الحركات التي يمكن تصورها هناك ما يسميه علماء

الهندسة الأقليدية بالحركات التي لايصاحبها تغير في الشكل. ولكن هناك حركات أخرى يسميها علماء الهندسة اللاأقليدية بالحركات التي لايصاحبها تغيير في الشكل. في النـوع الأول المسمى بالحركات الأقليدية تبقى المستقيمات الأقليدية مستقيمات أقليدية. لكن المستقيمات اللاأقليدية لاتبقى لا أقليدية. وفي النوع الثاني المسمى بالحركات اللاأقليدية تبقى المستقيمات اللاأقليديـة مستقيمات لاأقليديـة، لكن المستقيمات الأقليدية لاتبقى مستقيمات أقليدية. إذنْ: لم نبرهن على أنه من غير المعقول تسمية أضلاع المثلثات اللاأقليدية بالمستقيمات. لم نبرهن سوى على أنه سيكون من غير المعقول الاستمرار في إطلاق اسم الحركات التي لايصحبها تغيير في الشكل على الحركات الأقليدية. ولكن من الممكن كذلك أن نبينّ أنه من غير المعقول تسمية أضلاع المثلثات الأقليدية بالمستقيمات إذا كنا سنطلق اسم الحركات التي لايصحبها تغيير في الشكل على الحركات اللاأقليدية.

والآن، ماذا نعني عندما نقول إن الحركات الأقليدية هي الحركات الحقيقية التي لايصحبهـا تغيير في الشكل؟ نريد أن نقول بكل بساطة إنها أكثر بروزاً من الأخرى أو أكثر وضوحاً للعيان.

ولماذا هي أكثر بروزاً؟ لأن بعض الأجسام الطبيعية البارزة وهي الأجسام الصلبة تطرأ عليها حركات مشابهة تقريباً للحركات الأقليدية.

حينئذٍ ماذا نعني ونحن نتساءل: هل يمكن تخيل المكان اللاأقليدي؟ نعني: هل نستطيع تخيل عالم توجد به موضوعات طبيعية بارزة لها تقريباً شكل المستقيمات اللاأقليدية، وموضوعات طبيعية بارزة تخضع باستمرار لحركـات مشابهـة تقريبـاً للحركات اللاأقليدية؟ بيّنت في «العلم والفرضية» أنه ينبغي الإجابة بنعم عن هذا السؤال.

لقد لوحظ غالباً أنــه لــو أن كل أجسام الكون قد تمددت فجأة وبنفس المقدار فإنه لن تكون لدينا أية وسيلة لمعرفة ذلك ما دامت كل أدوات قياسنا ستكبر في نفس الوقت مع الموضوعات التي تصلح لقياسها. بعد هذا التمدد سيستمر العالم في مجراه، دون أن يكون هناك شيء يخبرنا بهذا الحدث الخطير.

بعبارة أخرى، إن عالمين مشابهين لبعضهمـا البعض (إذا فهمنا التشابه بمعناه في الكتاب الثالث من الهندسة) سيكونان عالمين لامتميزين تماماً. وأكثر من ذلك إنهما لن يصبحا عالمين لا متميزين فقط، لأنهما متشابهان أو متساويان، أي إذا أمكن

المرور من أحدهما إلى الآخر بتغيير محور الإحداثيات أو تغيير السلم الذي تُردّ إليه الأطوال، ولكنهما سيكونان كذلك لامتميزين إذا أمكن المرور من أحدهما إلى الآخر بأي «تحويل مرقم».

أشرح ذلك: أفترض أن كل نقطة في أحدهما تقابلها نقطة أخرى، واحدة، في الآخر، والعكس صحيح.

بالإضافة إلى ذلك أفترض أن إحداثيات نقطة هي دوال متصلة، كيفما كانت، لإحداثيات النقطة المقابلة. أفترض أيضاً أن كل موضوع في العالم الأول يقابله موضوع من نفس الطبيعة يوجد بالضبط في النقطة المقابلة من العالم الثاني. أفترض أخيراً أن هذا التناظر الذي تحقق في اللحظة الأولية يستمر إلى مالانهاية.

لن نجد أية وسيلة لتمييز هذين العالمين عن بعضهما البعض. وعندما يُتحدث عن نسبية المكان فإنه لايُعطى لها عادة هذا المعنى الواسع. ولكنها يجدر أن تُفهم هكذا. لو كان أحد هذين الكونين هو عالمنا الأقليدي فإن ما سيسميه سكانه مستقيماً سيكون هو مستقيمنا، ولكن ما سيسميه سكان العالم الأخر مستقيماً سيكون منحنياً يتمتع بنفس الخاصيات بالنسبة للعالم الذي يسكنونه وبالنسبة للحركات التي سيسمونها حركات لايصحبها تغير في الشكل.

ستكون إذنْ هندستهم هي الهندسة الأقليدية، ولكن مستقيمهم لن يكون هو مستقيمنا الأقليدي. ستكون مُحوَّلَة هندستهم، بواسطة التحويل المرقم، هي التي تنقلنا من عالمنا إلى عالمهم. لن تكون مستقيمات هؤلاء البشر هي مستقيماتنا، ولكن ستكون بينها نفس العلاقات التي تربط بين مستقيماتنا. وبهذا المعنى أقول إن هندستهم ستكون هي هندستنا. إمّا إذا أردنا أن نعلن، بكل قوانا، إنهم مخطئون، وأن مستقيماتهم ليست هي المستقيمات الحقيقية، إذا لم نرد أن نعترف أن كلاماً، كهذا، لامعنى له، فإنه علينا على الأقل، أن نعترف أن هؤلاء الناس ليس لديهم أي نوع من الوسائل لإدراك خطأهم.

٢ ـ الهندسة الكيفية

كل هذا سهل الفهم نسبياً، وقد كررته مراراً، بحيث أظن أنه لا فائدة من التوسع فيه. فالمكان الأقليدي ليس شكلاً مفروضا على حساسيتنا ما دمنا نستطيع تخيل المكان اللاأقليدي. ولكنهما معا يشتركان في أساس موحد هو تلك المجموعة الاتصالية العديمة الشكل التي تحدثت عنها في البداية. من هذه المجموعة الاتصالية

يمكن أن نستخرج إمّا المكان الأقليدي أو المكان اللوباتشفسكي، مثلما بواسطة تدريج ملائم نستطيع أن نحوّل ترمومترا غير مدرج إلى ترمومتر «فاهرنهيت» أو ترمومتر «رياومور».

حينئذٍ يفرض هذا السؤال نفسه: هذه المجموعة الاتصالية العديمة الشكل، التي أبقى عليها تخيلنا، أليست شكلاً مفروضا على حساسيتنا؟ حينئذ نكون قد وسّعنا السجن الذي توجد فيه تلك الحساسية محبوسة ولكنه سيظل دائمًا سجنا.

إن هذا الاتصال يملك عدداً من الخاصيات خالية من كل فكرة عن القياس. والبحث في هذه الخاصيات هو موضوع علم درسه العديد من كبار علماء الهندسة، وعلى الخصوص ريمان وبيتي، وأطلق عليه إسم L'analysis sitûs. في هذا العلم نغض الطرف عن كل اعتبار للكم. وعلى سبيل المثال إذا لاحظنا أن النقطة (ب) توجد بين (أ) و(ج)، من خط، فإننا نكتفي بهذه الملاحظة، ولانهتم بمعرفة ما إذا كان الخط (أ. ب. ج) مستقيًا أو منحنياً، ولا بمعرفة ما إذا كانت المسافة (أ. ب) مساوية للمسافة (ب. ج)، أو أكبر منها مرتين.

تمتاز مبرهنات الهندسة الكيفية بكونها تبقى صحيحة، ولو أن الأشكال قلدت من طرف رسام عديم المهارة، وبشكل قد يشوّه كل الأبعاد ويبدل المستقيمات بخطوط ملتوية تقريباً. وبتعبير رياضي فإن المبرهنات لايفسدها أي تحويل مرقم. لقد قيل مراراً إن الهندسة المترية هي الكمية، بينما الهندسة الإسقاطية هي الهندسة الكيفية الخالصة. وليس هذا صحيحاً كلية: ما يميز المستقيم عن بقية الخطوط هو كذلك خاصيات تبقى كمية، من بعض النواحي.

إذنْ الهندسة الكيفية الحق هي L'analysis sitûs ونفس المسائل التي أثارتها حقائق الهندسة الأقليدية تُطرَح من جديد بصدد مبرهنات الهندسة الكيفية: هل يمكن الحصول عليها بواسطة استدلال استنباطي؟ هل هي مواضعات مقنعة؟ هل هي حقائق تجريبية؟ هل هي خواص شكل مفروض على حساسيتنا أو على فهمنا؟

اريد فقط أن أشير إلى أن الحلين الأخيرين يتنافيان، وهذا ما لم ينتبه إليه احد جيداً. لانستطيع أن نقبل في نفس الوقت أنه يستحيل تخيل المكان ذي الأبعاد الأربعة، وأن التجربة تدل على أن المكان له ثلاثة أبعاد. فالمجرب يطرح على الطبيعة سؤالاً: هل هذا أو ذاك؟ ولايمكن أن يطرح السؤال إلّا بتصور طرفي التناوب. فإذا استحال تصور أحد الطرفين سيكون من غير النافع، بل من

المستحيل، استشارة الطبيعة. فنحن لسنا في حاجة إلى الملاحظة لمعرفة أن عقرب ساعة لايوجد على الجزء ١٥ من ميناء الساعة، مادمنا نعرف مسبقاً أنه لايوجد إلّا ١٢ جزءاً، ولا نستطيع أن ننظر إلى الجزء ١٥ لمعرفة ما إذا كان العقرب موجوداً عليه، ما دام هذا الجزء غير موجود.

لنلاحظ كذلك أن التجريبيين قد تخلّصوا من واحد من أخطر الاعتراضات التي يمكن مواجهتهم بها، ذلك الذي يجعل أنه لاطائل من وراء مجهوداتهم من أجل تطبيق أطروحاتهم على حقائق الهندسة الأقليدية. هذه الحقائق دقيقة، والتجربة لايمكن أن تكون إلّا تقريبية.

في الهندسة التحليلية تكفي التجارب التقريبية لإعطاء مبرهنة دقيقة، فإذا لاحظنا مثلاً أن المكان لايمكن أن يكون له بعدان أو أقل، ولا أربعة، أو أكثر، نكون على يقين أن له بالضبط ثلاثة أبعاد إذْ لايمكن أن يكون له بعدان ونصف أو ثلاثة ونصف.

إن أهم مبرهنات الهندسة الكيفية هي تلك التي يُعبر عنها بالقول إن للمكان ثلاثة أبعاد. وهذه هي التي سنبحثها، وسنطرح المسألة بالشكل التالي: ماذا نعني عندما نقول إن للمكان ثلاثة أبعاد؟

٣ ــ المجموعة الاتصالية الفزيائية المتعددة الأبعاد:

شرحت في «العلم والفرضية» من أين يأتينا مفهوم الاتصال الفزيائي، وكيف خرج منه مفهوم الاتصال الرياضي.

يحدث أنْ نكون قادرين على التمييز بين انطباعين في حين أننا نعجز عن تمييز كل منهما عن انطباع ثالث. وهكذا نستطيع أن نميز بسهولة بين وزن من ١٢ غ وآخر من ١٠ غ، بينما لايمكن تمييز وزن من ١١ غ، لا عن الأول، ولا عن الثاني. ويمكن ترجمة ملاحظة كهذه بواسطة الرموز على الشكل التالي: أ = ب، ب = ج، أ < ج وستكون هذه هي صيغة الاتصال الفزيائي، كما تقدمه لنا التجربة الإجمالية. ومن هنا تناقض لايحتمل، ولم يتم رفعه إلّا بإدخال الاتصال الرياضي. وهذا الأخير هو عبارة عن سلم من درجات (أعداد متناظرة وغير متناظرة) عددها نهائي، ولكنها خارجية عن بعضها البعض، بدل التطاول على بعضها البعض كما تفعل، طبقاً للصيغة السابقة، عناصر الاتصال الفزيائي. فالاتصال الفزيائي، إذا

جاز التعبير، سديم لم يتم تفكيكه، وأكثر الأجهزة اكتمالاً لايمكن أن تصل إلى تفكيكه.

بدون شك، لو قارنا الأوزان بواسطة ميزان، بدل تقديرها باليد لتوصلنا إلى تمييز ١١ غ عن ١٠ غ و١٢ غ، وستصبح صيغتنا هكذا: أ < ب، ب < ج، أ < ج لكننا سنجد دائمًا بين (أ) وبين (ب) و(ج) عناصر جديدة، (د) و(ذ)، بحيث تصبح الصيغة: أ = د، د = ب، أ < ب، ب = ج، ذ = ج، ب < ج المشكلة لم يتم إلاّ تأجيلها، والسديم لن يتم أبداً تفكيكه. العقل وحده يقدر على حلها، والاتصال الرياضي هو السديم الذي تم تحليله إلى نجوم.

ومع ذلك فإننا لم ندخل بعد فكرة عدد الأبعاد. فماذا نعني عندما نقول إن اتصالاً رياضياً أو اتصالاً فزيائيا له بعدان أو ثلاثة؟ يجب أن ندخل أولاً مفهوم الفصلة بالاهتمام، في البداية، بدراسة الاتصالات الفزيائية.

لقد رأينا ما يميز الاتصال الفزيائي، فكل عنصر من عناصره يتشكّل من مجموعة من الانطباعات. وقد يحدث ألاّ يتمّ تمييز عنصر عن عنصر آخر من نفس الاتصال إذا كان هذا العنصر الأخير يشكّل مجموعة من الانطباعات القليلة الاختلاف، بشكل كبير. وعلى العكس، قد يكون التمييز ممكناً. أخيراً، قد يحدث أن نميز بين عنصرين لايمكن التمييز بينهما وبين عنصر ثالث.

وإذا تقرر هذا، فإنه إذا كان عندنا العنصران (أ) و(ب) القابلان للتمييز داخل المتصل (ج)، يمكن أن نجد سلسلة عناصر: ذ1، ذ2، . . . . ذن منتمية كلها إلى نفس الاتصال (ج) بحيث أن كل واحد منها لايمكن تمييزه عن السابق، وبحيث لايمكن تمييز (ذ1) عن (أ) ولا (ذن) عن (ب).

نستطيع إذنْ أن نذهب من (أ) إلى (ب)، بواسطة طريق متصل ودون الخروج عن (ج). إذا توفّر هذا الشرط للعنصرين (أ) و(ب) من المتصل (ج) نستطيع أن نقول إن المتصل (ج) قطعة واحدة. لنميز الآن بعض عناصر المتصل (ج) التي يمكن أن تكون إمّا قابلة للتمييز فيما بينها وإمّا قابلة لأن تشكّل هي نفسها متصلاً واحداً أو أكثر. مجموع العناصر المختارة بهذه الطريقة، وتعسفاً، من بين كل عناصر (ج) ستشكل ما أسميه فصلة، أو فصلات. فلنأخذ من (ج) أي عنصرين (أ) و(ب). إمّا أننا سنجد سلسلة عناصر: ذ1، ذ2، . . . . . ذن. بحيث:

١ ـ تنتمي كلها إلى (ج)

٢ ـ كل واحد منها لايقبل التمييز عن اللاحق: (ذ 1) غير قابل للتمييز عن (أ) و(ذن) غير قابل للتمييز عن (ب).

٣ ـ وبالإضافة إلى ذلك يكون كل عنصر من عناصر (ذ) غير قابل للتمييز عن أي عنصر من عناصر الفصلة. وإمّا، على العكس، سيكون من بين كل سلاسل: ذ 1، ذ 2، . . . . ذن. التي تستوفي الشرطين الأولين سيوجد عنصر (ذ) غير قابل للتمييز عن أحد عناصر الفصلة. في الحالة الأولى نستطيع الذهاب من (أ) إلى (ب) بواسطة طريق متصل دون الخروج من (ج) ودون أن نلتقي بالفصلات. في الحالة الثانية يستحيل ذلك. إذا صادفنا الحالة الأولى دائمًا بالنسبة لأي عنصرين (أ) و(ب) من المتصل (ج) نقول إن (ج) تبقى قطعة واحدة رغم الفصلات.

وهكذا ، إذا اخترنا الفصلة بطريقة ما، اعتباطية، فإن المتصل إمّا سيبقى قطعة واحدة، وإمّا لايبقى كذلك. في الحالة الأخيرة نقول إنه مقسّم بواسطة الفصلات. وسيلاحظ أن كل هذه التعاريف قد بُنيت انطلاقاً فقط من الحادث البسيط جداً، أي من أن مجموعتين من الانطباعات قد تكون مرة قابلة للتمييز ومرة غير قابلة له.

وإذا تقرر هذا ، فإنه إذا كان يكفي لتقسيم متصل أن نعتبر كفصلات عدداً معيناً من العناصر القابلة للتمييز فيما بينها، فإننا نقول إن هذا المتصل له بعد واحد. أمّا إذا كان يجب، لتقسيم متصل، أن نعتبر كفصلات منظومة من العناصر، تشكل هي نفسها عددا من المتصلات فإننا نقول إن ذلك المتصل له عدة أبعاد.

إذا كان يكفي لتقسيم متصل (ج) فصلات تشكل متصلاً أو عدة متصلات ذات بعد واحد فإننا نقول إن (ج) متصل ذو بعدين. أمّا إذا كانت تكفي فصلات تشكلَ متصلاً أو عدة متصلات لها بعدان أو أكثر فإننا نقول إن (ج) متصل ذو ثلاثة أبعاد، وهلم جرا.

لتبرير هذا التعريف يجب أن نرى إذا ما كانت هذه هي الطريقة التي يدخل بها علماء الهندسة مفهوم الأبعاد الثلاثة في بداية مؤلفاتهم. فماذا نرى؟ في أغلب الأحيان يبدأون بتعريف المساحات كحدود للاحجام، أو أجزاء من المكان،

والخطوط كحدود للمساحات، والنقط كحدود للخطوط، ويقررون أن نفس الطريقة لايمكن أن تُدْفَعَ الى أبعد من ذلك.

إنها نفس الفكرة بالتمام. لتقسيم المكان نحتاج إلى فصلات نسميها المساحات. لتقسيم المساحات نحتاج إلى فصلات نسميها الخطوط. لتقسيم الخطوط نحتاج إلى فصلات نسميها النقط، ولا يمكن أن نذهب إلى أبعد من هذا، فالنقط لايمكن أن تُقسَّم. النقطة ليست متصلاً. إذنْ الخطوط التي سنقسمها بوساطة فصلات ليست متصلات ستكون متصلات ذات بعد واحد، والمساحات التي يمكن تقسيمها بواسطة فصلات متصلة ذات بعد واحد ستكون متصلات ذات بعدين. وأخيراً، المكان الذي نستطيع تقسيمه بواسطة فصلات متصلة ذات بعدين سيكون متصلاً ذا ثلاثة أبعاد.

وهكذا، فالتعريف الذي كنت بصدد إعطائه لايختلف من حيث الجوهر عن التعاريف المألوفة. لكني سعيت فقط إلى إعطائه صورة قابلة للتطبيق، ليس على المتصل الرياضي فقط، وإنما أيضاً على المتصل الفزيائي، الذي هو الوحيد القابل للتصور، ولكن مع الاحتفاظ له بكل دقته.

ونرى من جهة أخرى، أن هذا التعريف لاينطبق فقط على المكان وأننا في كل ما يقع بحواسنا نجد خصائص المتصل الفزيائي، الأمر الذي يسمح بنفس التصنيف، وسيكون من السهل أن نجد أمثلة للمتصل ذي الأربعة أو الخمسة أبعاد، بمعنى تعريفنا السابق، وهي أمثلة تظهر من تلقاء نفسها للفكر.

سأشرح في الأخير، إذا بقي لديّ الوقت، أن ذلك العلم الذي تحدثت عنه من قبل، والذي أطلق عليه ريمان إسم L'analysis sitûs يعلّمنا كيف نقوم بتمييزات بين متصلات لها نفس العدد من الأبعاد، وأن تصنيف تلك المتصلات يرتكز بدوره على اعتبار الفصلات.

من هذا المفهوم خرج مفهوم المتصل الرياضي ذي الأبعاد المتعددة بنفس الطريقة التي أعطى بها المتصل الفزيائي ذو البعد الواحد المتصل الرياضي ذا البعد الواحد. الصيغة: أ < ج، أ = ب، ب = ج التي كانت تلخّص المعطيات الاجمالية للتجربة تضمنت تناقضاً لايُحتمل. وللتخلّص من هذا التناقض كان يجب إدخال مفهوم جديد يحترم، مع ذلك، السمات الجوهرية للمتصل الفزيائي ذي الأبعاد المتعددة. والمتصل الرياضي ذو البعد الواحد كان يضم سلمًا واحداً له درجات،

بعدد لانهائي، تقابل مختلف القيم، قيم المقدار الواحد، سواء كانت القيم تناظرية أو لا. للحصول على المتصل ذي (ن) بعد يكفي أخذ (ن) سلم مماثلة تقابل درجاتهم مختلف قيم (ن) مقدار مستقل تسمى الإحداثيات. وهكذا سنحصل على صورة للمتصل الفزيائي ذي (ن) بعد وتكون تلك الصورة مطابقة، أكثر ما يمكن أن تكون، في حال ما إذا أردنا ألّا نبقي على التناقض الذي تحدثت عنه من قبل.

٤ ـ مفهوم النقطة

يبدو الآن أن المسألة التي طرحناها في البداية قد حُلّت. وقد يُقال: عندما نقول إن للمكان ثلاثة أبعاد فنحن نعني أن مجموع نقط المكان تستوفي التعريف الذي أعطيناه للمتصل الفزيائي ذي الأبعاد الثلاثة.

لكن الأمر ليس بمثل هذه البساطة التي نراها، فالكل يعتقد أنه يعرف ما هي النقطة، ولأننا نعتقد أننا نعرفها جيداً، نظن أننا لسنا في حاجة إلى تعريفها، صحيح أنه لايمكن أن نلزم بتعريفها لأنه بالصعود من تعريف إلى تعريف يجب أن تحلّ لحظة نتوقف فيها عن التعريف. ولكن متى يجب أن نتوقف؟ نتوقف أولاً عندما نجد موضوعاً تقع عليه حواسنا أو نستطيع تصوره. في هذه الحالة سيصبح التعريف زائداً، فنحن لانعرّف الخروف للطفل، وإنما نقول له: هذا خروف. وحينئذٍ يجب أن نتساءل عما إذا كان يمكن تصور إحدى نقط المكان. الذين يجيبون بنعم لا يفكرون في أنهم في الواقع إنما يتصورون نقطة بيضاء مرسومة بالطباشير على سبورة سوداء أو نقطة سوداء مرسومة بالريشة على ورقة بيضاء وأنهم لايستطيعون تصور سوى موضوع، أو على الأصح الانطباعات التي يطبعها ذلك الموضوع على حواسهم. عندما يحاولون تصور نقطة، فإنهم يتصورون الانطباعات التي تثيرها فيهم أشياء صغيرة جدا. ومن نافلة القول أن نضيف إن موضوعين مختلفين، رغم صغرهما الشديد، بإمكانهما خلق انطباعات غاية في اختلاف. لكني لن أؤكد على هذه الصعوبة التي قد تتطلّب، مع ذلك، بعض النقاش.

غير أن الأمر لايتعلّق بهذا، فلا يكفي تصور نقطة، إنه يجب تصور نقطة معينة وامتلاك وسيلة تمييزها عن نقطة أخرى. وبالفعل فإنه لكي نستطيع أن نطبق على متصل تلك القاعدة التي عُرضت سابقاً والتي بمقتضاها نتمكن من معرفة عدد أبعاده، لكي نستطيع ذلك يجب أن نرتكز على واقعة أن عنصرين من ذلك المتصل يمكن تمييزهما تارة وتارة أخرى لايمكن. يجب إذنْ أن نعرف في بعض الحالات كيف

نتصور عنصراً معيناً وكيف نميزه عن آخر.

والمسألة في أن أعرف إذا ما كانت النقطة التي تصورتها منذ ساعة هي نفسها التي أتصورها الآن أو أنها نقطة أخرى. بعبارة أخرى كيف نعرف إذا ما كانت النقطة التي يوجد فيها الموضوع (أ) في اللحظة (ط) هي نفس النقطة التي يوجد فيها الموضوع (ب) في اللحظة (ت) وبتعبير أحسن: ماذا يعني هذا؟ أجلس في غرفتي وموضوع ما فوق طاولتي. لا أتحرك مدة ثانية. ولا أحد يمسّ الموضوع. أميل إلى الاعتقاد في أن النقطة (أ) التي احتلها الموضوع في بداية الثانية هي النقطة (ب) التي يحتلها في النهاية. ليس هذا صحيحاً. فبين (أ) و(ب) مسافة ٣٠ كلم، لأن الموضوع قد جرفته حركة الأرض. لانستطيع معرفة ما إذا كان موضوع، صغير أولا، قد تغيرّ وضعه المطلق في المكان، ولا نستطيع أن نقول ذلك فقط، بل إن هذا القول لامعنى له ولايمكن بأي حال أن يقابل أي تصور.

حينئذٍ يمكن أن نتساءل عمّا إذا كان وضع موضوع بالنسبة إلى موضوعات أخرى قد تغير أولا، وقبل ذلك إذا ما كان وضعه بالنسبة لجسمنا قد تغير. فإذا كانت الانطباعات التي يثيرها فينا ذلك الموضوع لم تتغير نكون ميالين إلى الحكم على وضعه النسبي بأنه لم يتغير بدوره. وإذا تغيرت الانطباعات نحكم على الموضوع بأنه قد تغيرت إمّا حالته أو وضعه النسبي. يبقى أن نقرر أيهما تغير. لقد بيّنت في «العلم والفرضية» كيف توصّلنا إلى تمييز التغيرات في الوضع وسأعود إلى ذلك فيما بعد.

بمقدرونا إذن معرفة ما إذا كان الوضع النسبي لموضوع بالنسبة لجسمنا قد تغير أولا.

والآن، إذا لاحظنا أن موضوعين قد احتفظا بوضعهما النسبي بالنسبة لجسمنا نستنتج أن الوضع النسبي للموضوعين بالنسبة لبعضهما البعض لم يتغير. لكننا لانصل إلى هذه النتيجة إلاّ بواسطة استدلال غير مباشر، فالشيء الوحيد الذي نعرفه مباشرة هو الوضع النسبي للموضوعين بالنسبة لجسمنا. ومن باب أولى، فإننا لانعتقد أننا نعرف ما إذا كان الوضع المطلق لموضوع قد تغيرّ إلاّ عن طريق استدلال غير مباشر، ناهيك عن أن هذا الاعتقاد خاطىء.

إجمالاً، إن منظومة محاور الإحداثيات التي نردّ إليها طبيعياً كل الموضوعات الخارجية هي منظومة المحاور المرتبطة دوماً بجسمنا والتي نحملها معنا في كل مكان.

إنه يستحيل تصور المكان المطلق. وعندما أريد أن أتصور موضوعات وأتصور نفسي في آن واحد تتحرك داخل المكان المطلق، فإنني في الواقع أتصورني ثابتاً أنظر إلى الموضوعات تتحرك حولي وإلى رجل خارجي عني، ولكني أصطلح على تسميته أنا.

فهل تُحَلّ المشكلة عندما يتم الاتفاق على إرجاع كلِ شيء إلى تلك المحاور المرتبطة بجسمنا؟ هلِ عرفنا هذه المرة ما هي نقطة مُعَرَّفَةٌ هكذا بواسطة وضعها النسبي بالنسبة لنا؟ كثير من الناس سيردون بالإيجاب ويقولون إنهم «يموضعون» الموضوعات الخارجية. ما معنى ذلك؟

موضعة موضوع تعني ببساطة تصور الحركات التي يجب القيام بها للوصول إليه. أوضح: لايتعلّق الأمر بتصور الحركات نفسها، وإنما فقط بتصور الأحاسيس العضلية التي تصاحبها والتي لاتفترض الوجود القَبْلي لمفهوم المكان.

لنفرضْ موضوعين مختلفين يحتلان بالتالي نفس الوضع النسبي بالنسبة لنا. إن الانطباعات التي يثيرانها ستكون مختلفة جدا. وإذا كنا نموضعهما في نفس النقطة فلأنه، بكل بساطة، يجب القيام بنفس الحركات لبلوغهما. ماعدا هذا، فإننا لانرى ما يمكن أن يكون مشتركاً بينهما.

ولكن إذا أعطي موضوع ما فإننا يمكن أن نتصور عدداً من السلاسل المختلفة من الحركات التي تؤدّي بالتساوي إلى بلوغه. حينئذٍ إذا تصورنا نقطة بتصور سلسلة الأحاسيس التي تصاحب الحركات التي تسمح ببلوغ تلك النقطة فإنه ستكون لدينا عدة طرق مختلفة لتصور تلك النقطة. وإذا لم نرد أن نقنع بهذه الحال، إذا أردنا مثلاً إدخال الأحاسيس البصرية إلى جانب الأحاسيس العضلية، فسنحصل على طريقة أو طرق أخرى لتصور نفس النقطة، ولن نصل سوى إلى تعميق المشكلة. وعلى كل حال، فإن السؤال التالي يفرض نفسه: لماذا نحكم بأن كل هذه التصورات رغم اختلافها الكبير عن بعضها البعض تمثل، مع ذلك، نقطة واحدة؟

وهناك ملاحظة أخرى: قلت منذ قليل إننا نردّ طبيعياً كل الموضوعات الخارجية إلى جسمنا الشخصي، إننا نحمل معنا، إذا جاز التعبير وفي كل مكان، منظومة محاور نردّ إليها كل نقط المكان، وأن هذه المنظومة تبدو كما لو كانت مرتبطة دوماً بجسمنا. وتجب الإشارة إلى أنه، من حيث الدقة، لايمكن الحديث عن محاور

مرتبطة دوماً بالجسم إلاّ إذا كانت مختلف أجزاء الجسم هي ذاتها مرتبطة دوماً فيما بينها. وما دام الأمر غير ذلك فإنه يجب علينا، قبل ردّ الموضوعات الخارجية إلى تلك المحاور الخيالية، افتراض أن جسمنا يوجد في وضع واحد.

٥ ــ مفهوم الانتقال

بيّنت ، في «العلم والفرضية»، الدور الفائق الأهمية الذي تلعبه حركات جسمنا في تكون مفهوم المكان. فبالنسبة لشخص لا يتحرك، لن يكون هناك لا مكان ولا هندسة، ولا فائدة من تنقل الموضوعات الخارجية من حوله لأن التغيرات التي تطبعها تلك الانتقالات على أحاسيسه لن تُـردّ من طرفـه إلى تغيرات في الوضع، وإنما إلى تغيرات في الحالة. لن يكون لهذا الشخص أية وسيلة لتمييز هذين النوعين من التغيرات. وهذا التمييز الأساسي بالنسبة لنا لن يكون له أي معنى بالنسبة لـه. إن الحركـات التي نحدثهـا في أعضائنـا تكون نتيجـة تغيير الانطباعات التي تطبعها الموضوعات الخارجية على حواسنا. هناك أسباب أخرى تستطيع أن تؤدّي إلى تغيير تلك الانطباعات، ولكننا نصل بسهـولة إلى تمييـز التغيرات التي تحدثها حركاتنا الشخصية، وذلك لسببين:

١ ــ لأنها حركات إرادية.
٢ ــ لأنها مصحوبة بأحاسيس عضلية.

وهكذا فنحن نرتب طبيعياً التغيرات التي يمكن أن تعرفها أحاسيسنا إلى فئتين ربما أكون قد أطلقت عليهما إسمًا غير صالح:

١ ــ التغيرات الباطنية، وهي إرادية ومصحوبة بأحاسيس عضلية.
٢ ــ التغيرات الخارجية التي لها سمات مغايرة.

نلاحظ بعد ذلك أنه ضمن التغيرات الخارجيـة توجـد تغيرات يمكن أن تصحح بواسطة تغير داخلي يرجع كل شيء إلى حالته الأولى كما توجد تغيرات لايمكن أن تصحح بهذه الطريقة (وهكذا فعندما ينتقل موضوع خارجي نستطيع نحن أنفسنا أن ننتقل لنوجد بالنسبة لذلك الموضوع في نفس الوضع النسبي بحيث نستعيد مجموع الانطباعات الأصلية، أمّا إذا كان الموضوع قد غيرّ حالته بدل أن ينتقل، فذلك مستحيل). ومن هنا هذا التمييز الجديد بين التغيرات الخارجية:

ــ التغيرات التي يمكن أن تُصَحَّحَ فنسميها تغيرات في الوضع.
ــ أمّا الأخرى فسنسميها تغيرات في الحالة.

لنتصور مثلاً كرة، نصفها أزرق ونصفها الآخر أحمر، تظهر لنا في البداية النصف الأزرق، ثم تدور حول نفسها لتظهر لنا النصف الأحمر. ولنتصور الآن إناء كروياً يملأه سائل أزرق يصبح أحمر بعد تفاعل كيماوي.

في المثالين معامل الإحساس بالأحمر مكان الإحساس بالأزرق، وحواسنا قد عرفت نفس الانطباعات التي توالت حسب نفس النظام. ومع ذلك فنحن ننظر إلى هذين التغيرين كشيئين مختلفين: الأول انتقال، والثاني تغير في الحالة. لماذا؟ لأنه في المثال الأول كان يكفي أن أدور حول الكرة لأوجد في مواجهة النصف الأحمر وأستعيد الإحساس الأصلي بالأحمر. بالإضافة إلى ذلك: لو كان النصفان أحدهما أصفر والآخر أخضر، بدل أزرق وأحمر، كيف كان سيظهر لي دوران الكرة؟ من قبل كان الأحمر يعقب الأزرق، والآن صار الأصفر يعقبه الأخضر، ومع ذلك أقول إن الكرتين قد عرفتا نفس الدورة، وأن كل واحدة منهما قد دارت حول محورها: أقول ذلك مع أني أعرف أني لا أستطيع أن أزعم أن الأخضر بالنسبة للأصفر هو ما هو الأحمر بالنسبة للأزرق . فكيف وجدتني أحكم على الكرتين بأنهما دارتا نفس الدورة ؟ طبعاً ، لأني في الحالتين معاً أستطيع أن أستعيد الإحساس الأصلي بالدوران حول الكرة وبالقيام بنفس الحركات. وأنا أعرف أني قمت بنفس الحركات لأني عانيت نفس الأحاسيس العضلية. ولكي أعرف ذلك لست في حاجة إلى أن أعرف الهندسة مسبقاً وأن أتصور حركات جسمي في المكان الهندسي.

مثال آخر: انتقل موضوع أمام عيني. انطبعت صورته، أولاً، وسط شبكية العين، وثانياً، في جانبها. الإحساس الأول قد وصلني بواسطة ليفة عصبية تؤدّي إلى وسط الشبكية والإحساس الثاني وصلني بواسطة ليفة عصبية أخرى ذاهبة من جانب الشبكية. من الناحية الكيفية، هذان الإحساسان مختلفان. كيف استطيع أن أميز بينهما بغير هذا؟ لماذا أجدني أحكم بأن الإحساسين معاً، رغم اختلافهما الكيفي، يمثلان صورة واحدة تنقلت؟ ذلك لأني أستطيع أن أتابع الموضوع بعيني، وبتنقيل العين، تنقيلاً إرادياً مصحوباً بالحركات، أعيد الصورة إلى وسط الشبكية وأسترجع الإحساس الأصلي. أفترض أن صورة شيء أحمر قد انتقلت من الوسط (أ) إلى الجانب (ب) من الشبكية، وأن صورة شيء أزرق قد انتقلت بعد ذلك من الوسط (أ) إلى الجانب (ب) من الشبكية. سأحكم بأن هذين الشيئين قد خضعا معاً لنفس الانتقال. لماذا؟ لأني في الحالتين معاً كان بإمكاني أن أسترجع

الإحساس الأولي، ومن أجل ذلك كان عليّ أن أقوم بنفس حركة العين، وسأعرف أن عيني قد قامت بنفس الحركة، لأني أحسست بنفس الأحاسيس العضلية. إذا لم يكن بإمكاني أن أفتح عيني،! هل سيكون هناك ما يدعوني إلى اعتبار أن الإحساس بالأحمر، وسط الشبكية، هو بالنسبة للإحساس بالأحمر، في جانب الشبكية، ماهو الإحساس بالأزرق، في الوسط بالنسبة للإحساس بالأزرق في الجانب؟

لن تكون لديّ سوى أربعة أحاسيس مختلفة كيفيا. ولو سئلت عما إذا كانت تلك الأحاسيس مرتبطة بالنسبة لتلك التي ذكرت سيبدو لي السؤال مضحكاً؛ مثلما لو سئلت عما إذا كانت هناك نسبة مماثلة بين إحساس سمعي وإحساس لمسي وآخر شمي.

لننظر الآن في التغيرات الباطنية، أي تلك التي تنتج عن حركات جسمنا الإرادية والتي تكون مصحوبة بتغيرات عضلية. إنها تسمح بالملاحظتين التاليتين وهما ملاحظتان شبيهتان بتلك التي قمنا بها فيما يتعلق بالتغيرات الخارجية:

١ ـ أستطيع أن افترض أن جسمي قد انتقل من نقطة إلى أخرى، ولكن بالاحتفاظ على نفس الموقف. كل أجزائه إذنْ قد حافظت أو استعادت نفس الوضع النسبي رغم أن وضعها المطلق في المكان قد تغير. أستطيع أن أفترض كذلك أن جسمي لم يتغير وضعه فقط، وإنما تغير أيضاً موقفه، وأن ذراعيّ مثلاً اللتين كانتا مثنيتين من قبل هما الآن ممدودتان.

يجب إذن أن أميز التغيرات في الوضع التي لايصاحبها تغير في الموقف عن التغيرات التي يصحبها تغير في الموقف. إنهما معاً يظهران لي في شكل أحاسيس عضلية. فكيف توصّلت مع ذلك إلى التمييز بينهما؟ ذلك أن الأولى يمكن أن تصلح لتصبح تغيراً خارجياً، أمّا الثانية فلا تستطيع، أو، على الأقل، لاتستطيع أن تقوم سوى بتصحيح ناقص.

هذا شيء سأشرحه، كما لو كنت سأقوم بشرحه لشخص يعرف الهندسة آنفاً. غير أنه لايجب الاستنتاج من ذلك أنه يجب أن يعرف الهندسة قَبْلاً للقيام بهذا التمييز. قبل معرفتها، أعني الهندسة ألاحظ الحادث، تجريبياً، إذا جاز التعبير، فلا أستطيع تفسيره. ولكني لست في حاجة الى تفسير الحادث لكي أقوم بالتمييز بين هذين النوعين من التغيرات. إنه يكفيني أن أعاين الحادث. وكيفما كان

الحال فإن تفسيره سهل. لنفرضْ أن شيئاً خارجياً قد تنقل. إذا أردنا أن تسترد مختلفة أجزاء جسمنا بالنسبة لهذا الشيء وضعها النسبي الأصلي يجب أن تكون تلك الأجزاء قد استردتّ بالنسبة لبعضها البعض وضعها النسبي الأصلي. وحدها التغيرات الباطنية التي تستوفي هذا الشرط الأخير بإمكانها أن تصحح تغيراً خارجياً أحدثه تنقل ذلك الشيء. إذنْ إذا تغيرّ الوضع النسبي لعيني بالنسبة لأصبعي أستطيع أن أردّ عيني إلى وضعها النسبي الأصلي بالنسبة للشيء، وأسترد بذلك الأحاسيس البصرية الأصلية. غير أنه حينئذٍ بالنسبة للشيء، سيتغير الوضع النسبي لأصبعي، ولن أسترد الأحاسيس اللمسية.

٢ ــ نلاحظ كذلك أن نفس التغير الخارجي يمكن أن يصحح بواسطة تغيرين باطنيين يقابلان أحاسيس عضلية مختلفة. هنا أيضاً أستطيع أن أقوم بهذه المُعايَنَة من غير معرفة بالهندسة: لن أكون في حاجة إلى شيء آخر، لكني سأشرح الحادث باستعمال لغة الهندسة. للمرور من الوضع (أ) إلى الوضع (ب) أستطيع أن أسلك عدة سبل. أول تلك السبل يطابق السلسلة (ط) من الأحاسيس العضلية، وثانيها تقابله سلسلة أخرى (ظ) من الأحاسيس العضلية التي ستكون، بصفة عامة، مختلفة كلياً، إذْ أن عضلات أخرى هي التي تؤدّي إليها. كيف توصّلت إلى اعتبار السلسلتين (ط) و(ظ) كسلسلتين تقابلان نفس الانتقال (أ. ب)؟ لأن السلسلتين قابلتان لتصحيح تغير خارجي واحد. ماعدا ذلك فإنه ليس بينهما ما هو مشترك.

لنعتبر الآن تغيرين خارجين، (أ) و(ب) اللذين سيكونان مثلا دوران كرة نصفها أزرق ونصفها أحمر، ودوران كرة نصفها أخضر ونصفها الآخر أصفر. هذا التغيران ليس بينهما ما هو مشترك ما دام الأول يظهر لنا كانتقال من الأزرق إلى الأحمر والثاني كانتقال من الأخضر إلى الأصفر. لنتصور كذلك سلسلتي تغيرات باطنية (ط) و(ظ) لن يكون بينهما أي شيء مشترك. مع ذلك أقول إن (أ) و(ب) تقابلان نفس الانتقال وأن (ط) و(ظ) تقابلان أيضاً نفس الانتقال، لماذا؟ بكل بساطة، لأن (ط) يمكن أن يصحح (ب) كما يمكن أن يصحح (أ)، ولأن (أ) يمكن أن يُصحح بواسطة (ظ) كما يمكن أن يُصحح بواسطة (ط). حينئذٍ يطرح سؤال نفسه: إذا لاحظت أن (ط) يصحح (أ) و(ب) وأن (ظ) يصحح (أ)، هل أملك اليقين بأن (ظ) يصحح أيضاً (ب)؟ التجربة هي الكفيلة بتعليمنا ما إذا كان ذلك القانون قابلاً للتحقق وإذا لم يتحقق، على الأقل بشكل تقريبي، فإنه لن

تكون هناك هندسة، ولن يكون هناك مكان، لأنه لن تكون هناك فائدة من وراء تصنيف التغيرات الخارجية والباطنية، كما فعلت، وعلى سبيل المثال، لن تكون هناك فائدة من وراء التمييز بين التغيرات في الحالة والتغيرات في الوضع. وإنه لمن المفيد معرفة دور التجربة في كل هذا. لقد بيّنت لي أن قانوناً معيناً يمكن اختباره تقريبياً. إنها لم تعلمني كيف هو المكان ولا ما إذا كان يستوفي الشرط المطلوب. وأنا أعرف، قبل أية تجربة، إن المكان يستوفي هذا الشرط أو أنه لن يكون. ولا أستطيع أن أزعم كذلك أن التجربة قد علّمتني أن الهندسة ممكنة. فأنا أرى جيداً أن الهندسة ممكنة، لأنها لاتنطوي على تناقض. لقد علّمتني التجربة فقط أن الهندسة نافعة.

٦ ـ المكان البصري:

رغم أن الانطباعات الحركية، كما شرحت ذلك، قد كان لها التأثير الأكبر في تكون مفهوم المكان الذي لم يكن ليولد بدونها فإنه سيكون من المفيد كذلك بحث دور الانطباعات البصرية في تكونه، وبحث عدد الأبعاد التي يمكن أن تكون «للمكان البصري» ومن أجل هذا بحث تطبيق تعريف الفقرة الثالثة على هذه الانطباعات.

هناك صعوبة أولى ستعترضنا: لننظر إلى إحساس ملون بالأحمر يمس نقطة من الشبكية. ولننظر من جهة أخرى إلى إحساس ملون بالأزرق يمس نفس النقطة من الشبكية. يجب أن تكون لدينا وسيلة لمعرفة أن هذين الإحساسين المختلفين كيفياً بينهما مع ذلك شيء مشترك. ولكن، وحسب الاعتبارات المذكورة في الفقرة السابقة، فإننا لم نستطع أن نتعرّف على ذلك الشيء المشترك إلاّ بواسطة حركات العين، والملاحظات التي، أدّت إليها. ولو كانت العين ساكنة، لو لم يكن لدينا شعور بتلك الحركات، لما أمكننا التعرّف على أن هذين الإحساسين المختلفين كيفياً بينهما شيء مشترك، ولما أمكننا أن نستخرج منها جانبهما الهندسي. فبدون الأحاسيس العضلية، لن يكون للاحاسيس البصرية أي طابع هندسي، بحيث يمكن القول إنه لايوجد مكان بصري خالص.

من أجل التغلب على هذه الصعوبة لن نعتبر سوى الأحاسيس التي هي من طبيعة واحدة، أحاسيس حمراء مثلا، لاتختلف عن بعضها البعض إلاّ في نقطة الشبكية التي تمسها. وواضح أنه ليس هناك أي مبرر للقيام باختبار بهذا التعسف

بين أحاسيس بصرية ممكنة لأجمع داخل صنف واحد كل الأحاسيس ذات اللون المشترك، مهما كانت نقطة الشبكية التي تمسها. ولم أكن لأفكر في ذلك لو لم أكن قد تعلمت سابقاً، بالوسيلة التي رأينا، تمييز التغيرات في الحـالة عن التغيرات في الوضع، أي لو لم تكن عيني متحركة. إن إحساسين بلون واحد يؤثران بجزئين مختلفين من الشبكية يظهران لي متميزين كيفياً بنفس الطريقة التي يبدو بها إحساسان مختلفا اللون متميزين كيفياً.

بحصر النظر في الأحاسيس الحمراء أفرض إذنْ على نفسي تحديداً اصطناعياً وأهمل منهجياً جزءا كاملا من المسألة. ولكني لا أستطيع تحليل المكان البصري، دون إدماج الإحساس الحركي، إلاّ بتلك الحيلة.

لنتصور خطاً مرسوماً على الشبكية يقسم مساحتها إلى جزئين. ولنضع جانباً الاحاسيس الحمراء التي تؤثر بنقطة من ذلك الخط أو تلك التي لاتختلف عنها إلاّ قليلاً لكي يتم تمييزها عنها. مجموع هذه الأحاسيس سيشكل نوعاً من الفصلة سأسميها (ج). واضح أن هذه الفصلة كافية لتقسيم مجموع الأحاسيس الحمراء الممكنة، واني إذا أخذت إحساسين أحمرين يؤثران بنقطتين واقعتين بجانبي الخط لا أستطيع أن أنتقل من أحد الإحساسين إلى الآخر بطريقة متصلة من غير أن أمرّ في لحظة معينة بإحساس ينتمي إلى الفصلة.

إذن، إذا كانت الفصلة ذات (ن) بعد فإن المجموع الكلي للأحاسيس الحمراء، أو إذا شئتم، المكان البصري الكلي سيكون له (ن+1) بعدا.

ولأميز الآن الأحاسيس الحمراء التي تؤثر بنقطة من الفصلة (ج). مجموع هذه الأحاسيس سيشكّل فصلة جديدة (ج 1). وواضح أن هذه الأخيرة ستقسم الفصلة (ج)، إذا احتفظنا لكلمة (قسم) بنفس المعنى. إذنْ، إذا كانت الفصلة (ج 1) ذات (ن) بعد فإن الفصلة (ج) سيكون لها (ن + 1) بُعداً وسيكون للمكان البصري (ن + 2). أمّا إذا نظرنا إلى كل الأحاسيس الحمراء التي تؤثر بنقطة واحدة من الشبكية كأحاسيس مماثلة فإن الفصلة (ج 1) التي ستنحل إلى عنصر وحيد سيكون لها صفر بعد، وسيكون للمكان البصري بُعدان. ومع ذلك يُقال، غالباً، إن العين تعطينا الإحساس ببعد ثالث وتسمح لنا، بقدر معين، بالتعرّف على مسافة الأشياء. عندما نحلل هذا الإحساس نلاحظ أنه يُردّ إمّا إلى الشعور بتسـاتل العينين وإمّا إلى مجهود الملاءمة الذي تقوم به العضلة الهذبية لضبط الصورة.

إذنْ، إن إحساسين أحمرين يؤثران بنفس النقطة من الشبكية لايمكن النظر إليهما كـإحساسين مماثلين إذا كانا مصحوبين بنفس الاحساس بالتساتل وكذلك بنفس الإحساس بمجهود الملاءمة أو، على الأقل، بإحساس بالتساتل والملاءمة قليلي الاختلاف بحيث لايمكن التمييز بينهما.

حينئذٍ إذا أجرينا فصلة جديدة (ج 2) بواسطة كل أحاسيس الفصلة (ج 1) التي يصحبها إحساس معين بالتساتل فإنها، حسب القانون السابق، ستكون جميعها غير قابلة للتمييز ويمكن النظر إليها على أنها مماثلة. وبالتالي، فإن (ج 2) لن تكون متصلاً وسيكون لها صفر بعد. وبما أن (ج٢) تقسم (ج 1) فإنه سيكون لـ(ج 1) بعد واحد ولـ(ج) بعدان، وللمكان البصري الكلي ثلاثة أبعاد.

ولكن، هل سيبقى الأمر كذلك لو أن التجربة أخبرتنا بالعكس، ولو أنه لايوجد دائماً إحساس معين بالتساتل يصحبه إحساس معين بالملاءمة؟

في هذه الحالة فإن إحساسين يؤثران بنفس النقطة من الشبكية، ومصحوبين بنفس الإحساس بالتساتل، إحساسان ينتميان معاً إلى الفصلة (ج 2)، ويمكن مع ذلك تمييزهما لأنهما سيكونان مصحوبين بإحساسين مختلفين بالملاءمة.

إذنْ (ج 2) ستكون بدورها متصلاً وسيكون لها بعد واحد على الأقل. عندئذ (ج 1) سيكون لها بعدان وسيكون لـ(ج) ثلاثة أبعاد، وللمكان البصري الكلي أربعة أبعاد.

هل نقول حينئذٍ أن التجربة تخبرنا بأن للمكان ثلاثة أبعاد ما دمنا قد انطلقنا من قانون تجريبي لنعطيه ثلاثة أبعاد؟ ولكننا لم نقم هنا، إذا جاز التعبير، سوى بتجربة فزيولوجية. ولو كان يكفي أن نضع على العينين نظارات بناء صالحة لوقف الاتفاق بين الإحساس بالتساتل والإحساس بالملاءمة، هل نذهب إلى القول بأنه يكفي حمل نظارات ليكون للمكان أربعة أبعاد وأن النظاراتي الذي صنع تلك النظارات قد أضاف إليها بعداً رابعاً؟ طبعاً لا. كل ما نستطيع قوله إن التجربة قد علّمتنا أنه من الملائم أن نعطي للمكان ثلاثة أبعاد. ولكن المكان البصري ليس إلاّ جزءاً من المكان. وفي مفهوم ذلك المكان نفسه جانب اصطناعي كما سبق أن بينت.

إن المكان الحقيقي هو المكان الحركي، وهو ما سنفحص في الفصل التالي.

الفصل الرابع:

المكان وأبعاده الثلاثة

١ ـ زمرة التنقلات.

لنلخِّص بإيجاز النتائج التي توصّلنا إليها. لقد سعينا إلى معرفة ما نعنيه عندما نقول إن للمكان ثلاثة أبعاد. وقد تساءلنا في البداية عمّا هو المتصل الفزيائي، ومتى نستطيع القول إن له (ن) بعد. فلو أخذنا منظومات مختلفة من الانطباعات وقارنا بينها سنجد، في الغالب، أن منظومتين منها لايمكن تمييزهما (وهو ما نعبّر عنه عادة بالقول إنهما متجاورتان جداً وأن حواسنا من البدائية بحيث لاتسمح بتمييزهما) وسنلاحظ كذلك أن منظوميتن من تلك المنظومات يمكن أحياناً تمييزهما عن بعضهما رغم أنه يستحيل تمييزهما عن ثالثة. وإذا تمّ هذا، نقول إن مجموع تلك المنظومات من الانطباعات تشكّل متصلاً فزيائياً (ج)، ونسمي كل واحدة منها عنصراً من المتصل (ج).

ماهو عدد أبعاد هذا المتصل؟ لنأخذ أولاً عنصرين (أ) و(ب) من (ج) ولنفرض وجود متتالية (م) من عناصر تنتمي كلها إلى المتصل (ج) بحيث يكون (أ) و(ب) الحدين الأول والأخير، وبحيث يكون كل حد من حدود المتتالية غير قابل للتمييز عن السابق. إن أمكن أن نجد مثل هذه المتتالية (م) نقول إن (أ)

و(ب) مرتبطان فيما بينهما. وإذا كان أي عنصرين مرتبطين فيما بينهما نقول إن (ج) قطعة واحدة.

ولنختر الآن من المتصل (ج) عدداً معيناً من العناصر بطريقة اعتباطية. مجموع هذه العناصر يُسمى فصلة. ومن بين المتتاليات (م) التي تربط بين (أ) و(ب) سنميز تلك التي يكون أحد عناصرها غير قابل للتمييز عن أحد عناصر الفصلة، «نقول إنها المتتالية التي تقطع الفصل»، وتلك التي كل عناصرها غير قابلة للتميز عن كل عناصر الفصلة. إذا كانت كل المتتاليات (م) التي تربط بين (أ) و(ب) تقطع الفصلة، نقول إن (أ) و(ب) منفصلان بواسطة الفصلة وإن الفصلة تقسم (ج). وإذا استحال أن نجد في (ج) عنصرين منفصلين بواسطة الفصلة نقول إن الفصلة لاتقسم (ج).

وإذا تقررت هذه التعاريف، فإنه إذا كان المتصل (ج) قابلاً لأن يُقسم بواسطة فصلات لاتشكّل هي ذاتها متصلاً، لن يكون للمتصل (ج) سوى بعد واحد. أمّا في الحالة الأخرى فسيكون له عدد من الأبعاد. فإذا كان يكفي لقسمة (ج) فصلة واحدة تشكلّ متصلاً ذا بعد واحد سيكون لـ(ج) بعدان. أمّا إذا كانت تكفي فصلة تشكّل متصلاً ذا بعدين فإنه سيكون لـ(ج) ثلاثة أبعاد، وهلم جرا.

بفضل هذه التعاريف سنستطيع دائمًا التعرّف على عدد أبعاد أي متصل فزيائي. ولم يبق سوى أن نجد متصلاً فزيائياً متكافئا، إذا جاز التعبير، مع المكان، بحيث تناظر كل نقطة في المكان عنصراً من عناصر ذلك المتصل، وبحيث تمثل نقط من المكان متجاورة جداً عناصر غير قابلة للتمييز. حينئذٍ سيكون للمكان نفس عدد الأبعاد التي لهذا المتصل.

ونحن نحتاج إلى وسيط، قابل للتصور، لهذا المتصل إذْ أننا لانستطيع تصور المكان. وذلك لعدة أسباب:

ــ المكان متصل رياضي. إنه لانهائي، ونحن لانستطيع سوى تصور متصلات فزيائية وأشياء نهائية.

ــ مختلف عناصر المكان، التي نسميها نقطاً متشابهة جداً فيما بينها، ولتطبيق تعريفنا يجب أن نعرف كيف نميز العناصر عن بعضها البعض، على الأقل إذا لم تكن متجاورة جداً.

ــ أخيراً، إن المكان المطلق عدم ويجب البدء بردّه إلى منظومة محاور مرتبطة دوماً بجسمنا الذي يجب أن نفترض أنه يوجد دائمًا في نفس الموقف.

ولقد حاولت ، بعد هذا، أن أشكل بواسطة أحاسيسنا البصرية متصلاً فزيائياً متكافئاً مع المكان. هذا أمر سهل، ما في ذلك شك، وهو مناسب بصفة خاصة لمناقشة عدد الأبعاد. ولقد بيّنت لنا هذه المناقشة إلى أي حد يُسمح بالقول: إن «للمكان البصري» ثلاثة أبعاد.

غير أن هذا الحل ناقص واصطناعي، وقد شرحت لماذا هو كذلك. إنه لايجب أن ينصبَّ مجهودنا على المكان البصري، وإنما على المكان الحركي.

ولقد ذكّرت بعد هذا بأصل التمييز الذي نقيمه بين التغيرات في الوضع والتغيرات في الحالة.

فمن التغيرات التي تحدث في انطباعاتنا نميز، في البدء، بين التغيرات الباطنية الإرادية المصحوبة بأحاسيس عضلية من جهة، وبين التغيرات الخارجية ذات الخاصيات المختلفة، من جهة أخرى. فنلاحظ أنه يمكن أن يحدث تصحيح تغير خارجي بواسطة تغير باطني يعيد الأحاسيس الأصلية. والتغيرات الخارجية القابلة للتصحيح بواسطة تغير خارجي تُسمى تغيرات في الوضع. أمّا تلك التي لاتقبل هذا التصحيح فتُسمى تغيرات في الحالة. والتغيرات الباطنية التي يمكن أن تصحح تغيراً خارجياً تُسمى «تنقلات الجسم جملة واحدة»، أمّا الأخرى فتُسمى تغيرات في الموقف.

وليكن الآن (د) و(ط) تغيرين خارجيين و(ذ) و(ظ) تغيرين باطنيين. لنفرض أن (د) يمكن أن يصحح، سواء من طرف (ذ) أو من طرف (ظ)، وأن (ذ) يمكن أن يصحح سواء (د) أو (ط). إن التجربة تخبرنا إن (ظ) يمكن أن يصحح كذلك (ط). في هذه الحال، نقول إن (د) و (ط) يقابلان نفس التنقل، وأن (ذ) و(ظ) يقابلان نفس التنقل.

فإذا تقرر هذا، يمكن أن نتصور متصلاً فزيائيا نسميه متصل التنقلات ، أو زمرة التنقلات، ونعرّفه بالطريقة التالية: عناصر هذا المتصل ستكون هي التغيرات الباطنية القابلة للقيام بتصحيح تغير خارجي.

إن إثنين من هذه التغيرات الباطنية (ذ) و(ظ) سنعتبرهما غير قابلين للتمييز: ١ ــ إذا كانا كذلك طبيعياً، أي إذا كانا متجاورين جداً. ٢ ــ إذا كان (ذ) قابلاً لتصحيح نفس التغير الخارجي مثله في ذلك مثل تغير باطني ثالث لايقبل التمييز عن (ظ) طبيعياً.

في هذه الحالة الثانية سيكونان، إذا جاز التعبير، غير قابلين للتمييز، بالمواضعة. أريد أن أقول: بالمواضعة على إهمال الظروف التي قد تجعلهما قابلين للتمييز.

لقد تمّ الآن تعريف متصلنا، تعريفاً كلياً، ما دمنا نعرف كل عناصره، وما دمنا قد بيّنا الشروط التي يمكن ضمنها النظر إلى تلك العناصر كعناصر قابلة للتمييز.

لدينا كل ما نحتاج إليه لتطبيق تعريفنا وتحديد عدد الأبعاد بالنسبة لهذا المتصل. وستعرّف على أنه ذو ستة أبعاد. إذنْ متصل التنقلات ليس متكافئاً مع المكان، ما دام عدد الأبعاد مختلفاً، إنه يمتّ إليه فقط.

والآن كيف عرفنا أن متصل التنقلات له ستة أبعاد؟ نعرف ذلك عن طريق التجربة. وسيكون من السهل وصف التجارب التي يمكن أن تقودنا إلى هذه النتيجة.

يمكن أن نقوم داخل هذا المتصل بإجراء فصلات تقسمه وتكون هي كذلك متصلات، ولن نضطر إلى التوقف إلّا بعد الفصلات التي من الدرجة السادسة، والتي لن تكون متصلات. وحسب تعريفنا فإن هذا يعني أن زمرة التنقلات لها ستة أبعاد.

قلت إن هذا سيكون سهلا، ولكنه سيكون كذلك طويلا، أو لن يكون أيضاً اصطناعياً بعض الشيء؟

زمرة التنقلات هذه، كما رأينا، تمتّ إلى المكان ويمكن أن نستنبطه منها. ولكنها ليست متكافئة مع المكان، ما دامت لاتملك نفس عدد الأبعاد. وعندما نبين كيف يتكوّن مفهوم هذا المتصل وكيف يمكن أن نستنبط منه مفهوم المكان، يمكن أن نتساءل، دائماً، لماذا يكون المكان ذو الأبعاد الثلاثة مألوفاً لدينا أكثر من المتصل ذي الأبعاد الستة، وأن نشك ، بالتالي، في أنه بهذه الطريقة قد تكون في العقل البشري مفهوم المكان.

٢ ـ تماثل نقطتين.

ما هي النقطة؟ كيف نعرف أن نقطتين من المكان مماثلتان لبعضهما أو مختلفتان؟ بعبارة أخرى، ما معنى قولي: الشيء (أ) يحتل، في اللحظة (د)، النقطة

ذاتها، التي يحتلها الشيء (ب) في اللحظة (ط)؟ ذلك هو المشكل الذي طرحناه في الفصل السابق، الفقرة الرابعة، كما سبق أن وضحت فإن الأمر لايتعلّق بمقارنة بين أوضاع الشيئين (أ) و(ب)، في المكان المطلق، إذْ أن المشكلة، في هذه الحال، لن يكون لها أي حل، كما هو بين، ولكن الأمر يتعلق بمقارنة أوضاع هذين الشيئين بالنسبة لمحاور مرتبطة دوما بجسمي مع افتراض هذا الجسم دائمًا في نفس الموقف.

أفترض أني، بين اللحظتين (د) و(ط)، لم أحرك جسمي، ولا عيني وهو الأمر الذي يخبرني به حسي العضلي. لم أحرك كذلك لا رأسي، ولا ذراعي ولايدي. فألاحظ أنه في اللحظة (د) تلقيت انطباعات رددتها إلى الشيء (أ)، وقد تلقيت بعضها، بواسطة ألياف من عصبي البصري وبعضها عن طريق أعصاب حسية لمسية في أصبعي. وألاحظ كذلك أنه في اللحظة (ط) تلقيت انطباعات أخرى رددتها إلى الشيء (ب)، وقد تلقيت بعضها عن نفس الطريق البصري وبعضها عن نفس الطريق اللمسي.

وهنا يجب التوقف للقيام بشرح: كيف عرفت أن الانطباع الذي رددته إلى الشيء (أ)، وذلك الذي رددته إلى (ب)، وهما مختلفان كيفيا، قد جاءاني عن طريق نفس العصب؟ هل يجب أن نفترض، إذا أخذنا الأحاسيس البصرية كمثال، أن (أ) قد أعطى إحساسين متزامنين إحساساً، ضوئياً خالصاً (ض)، وإحساساً، ملوناً (م)، وأن (ب) قد انتج كذلك، تزامنياً، إحساساً، ضوئياً (ف) وإحساساً، ملوناً (ق)، وأنه إذا كانت مختلف هذه الأحاسيس قد جاءتني، عن طريق نفس الليفة الشبكية فإن الإحساس (ض) مماثل لـ(ق)، غير أن، عادة، إحساسين ملونين (ض) و(ق) مختلفان لأنهما نتيجة جسمين مختلفين؟ في هذه الحالة سيكون تماثل الإحساس (ض) المرافق لـ(م) مع الإحساس (ف) المرافق لـ(ق)، هو الذي يخبرنا أن كل تلك الأحاسيس قد تلقيناها عن طريق نفس الصعب.

مهما كان الأمر، فيما يخص هذه الفرضية، وبالرغم من أني أميل إلى تفضيل فرضيات أخرى أكثر تعقيداً، فإنه من اليقيني أننا نخبر بطريقة ما من الطرق بأن هناك شيئاً مشتركاً بين هذين الاحساسين (ف + ق) و(ض + م)، وبدون ذلك لن تكون لدينا أية طريقة للتعرّف على أن الشيء (ب) قد احتلّ مكان الشيء(أ).

لن أطيل أكثر من هذا، وأذكر بالفرضية التي أدليت بها الآن: أفترض أن الانطباعات التي رددتها إلى (ب) قد تلقيتها في اللحظة (ط) عن طريق نفس

الألياف البصرية واللمسية التي نقلت إليّ في اللحظة (د) الانطباعات التي رددتها إلى (أ). إذا كان الأمر كذلك، فإننا لن نتردد في الإعلان إن النقطة التي يحتلها (ب) في اللحظة (ط) مماثلة للنقطة المحتلة من طرف (أ) في اللحظة (د). ولقد أدليت بشرطين لابدّ من توفرهما لكي تكون هاتان النقطتان مماثلتين، أحد الشرطين متعلّق بالبصر، والآخر باللمس. فلنبحثهما منفصلين. الأول ضروري، ولكنه غير كافٍ. الثاني ضروري، وكافٍ في نفس الوقت، وإن من يعرف الهندسة قد يشرحه بسهولة هكذا: لتكن (و) نقطة الشبكية التي تتشكّل فيها في اللحظة (د) صورة الجسم (أ)، ولتكن (ع) نقطة المكان التي يشغلها في اللحظة (د) ذلك الجسم (أ)، ولتكن (غ) النقطة التي يشغلها في المكان الجسم (ب) في اللحظة (ط).

لكي يكون هذا الجسم (ب) صورته في (و) فإنه ليس من الضروري أن تتطابق النقطتان (ع) و(غ): ما دام النظر يتم من بعيد، فإنه يكفي أن توجد النقط الثلاث (و، ع، غ) على خط مستقيم. إذن، الشرط الضروري، لكي يكون جسمان صورتيهما في (و)، شرط ضروري، ولكنه غير كاف، لكي يتم تطابق النقطتين (ع) و(غ). ولتكن الآن (ح) هي النقطة، التي يحتلها أصبعي، ويظل فيها ما دام لايتحرك. وما دام اللمس لايمارس من بعيد، فإنه إذا لامس الجسم (أ) اصبعي في اللحظة (د)، يكون معناه أن (ع) و(ح) يتطابقان، وإذا لامس (ب) اصبعي في اللحظة (ط) فلأن (غ) و(ح) يتطابقان. إذن (ع) و(غ) يتطابقان. إذن، الشرط القائل إنه إذا لامس (أ) أصبعي في اللحظة (د) فإن (ب) يلامسه في اللحظة (ط)، هذا الشرط ضروري وكاف، لكي تتطابق (ع) و(غ).

لكن، نحن، الذين لانعرف الهندسة بعد، لانستطيع أن نبرهن هكذا، كل ما نستطيعه أن نشاهد تجريبياً أن الشرط الأول، المتعلق بالبصر، يمكن أن يتحقق من غير أن يتحقق الثاني، المتعلق باللمس، ولكن الثاني لايمكن أن يتحقق من غير أن يتحقق الأول. ولنفرض أن التجربة تخبرنا بالعكس، فهذا ممكن، والفرضية ليست لامعقولة. إذنْ لنفرض أننا لاحظنا تجريبياً أن الشرط المتعلق باللمس قد أمكن تحققه من غير أن يتحقق الشرط المتعلق بالبصر وأن الشرط المتعلق بالبصر لايمكن تحققه من دون أن يتحقق الأول. واضح أنه، إذا كان الأمر كذلك، فإننا سنستخلص أن اللمس هو الذي يُمارس من بعيد وأن البصر لايُمارس من بعيد. ليس هذا فقط، فأنا، إلى الآن، لم أستعمل، لتحديد موضع شيء، سوى عيني وأصبعي، في الوقت الذي كان فيه بإمكاني أن أستعمل وسائل أخرى، كبقية

أصابعي مثلا.

أفترض أن اصبعي الأول يتلقى في اللحظة (د) انطباعاً لمسيا أردّه الى الشيء (أ). أقوم بسلسلة من الحركات تقابلها سلسلة (ر) من الأحاسيس العضلية. على إثر تلك الحركات، في اللحظة (د)، اصبعي الثاني يتلقى انطباعاً لمسيا، أردّه أيضاً إلى (أ)، ثم في اللحظة (ط)، ومن غير أن أتحرك، (وهذا ما يخبرني به جسمي عضليا) يوصل نفس الاصبع الثاني انطباعاً لمسيا، أردّه هذه المرة إلى (ب)، وأقوم، بعد ذلك، بسلسلة من الحركات تقابل سلسلة (ز) من الأحاسيس العضلية. أعرف أن السلسلة (ز) عكس السلسلة (ر) وتقابل حركات مناقضة، أعرف ذلك لأن تجارب سابقة متعددة غالباً ما بيّنت لي أني إذا قمت على التوالي بسلسلتين من الحركات، تقابل (ر) و(ز)، فإن الانطباعات الأصلية تسترجع، أي أن السلسلتين تعوضان بالتبادل. وإذا تقرر هذا، فهل ينبغي أن أتوقع أنه في اللحظة (ظ) عندما تنتهي سلسلة الحركات الثانية سيعرف أصبعي الأول انطباعاً لمسيا قابلاً لأن يُردّ إلى الشيء (ب)؟ للجواب على هذا السؤال، سيتصرف، الذين يعرفون الهندسة، بالشكل التالي: هناك حظوظ في ألّا يكون قد تحرك الشيء (أ)، بين اللحظتين (د) و(ذ)، ولا الشيء (ب) بين اللحظتين (ط) و(ظ). لنفرض ذلك. في اللحظة (د)، كان الشيء (أ) يحتل النقطة (ع) من المكان، وفي هذه اللحظة فإنه كان يلامس اصبعي الأول. ما دام اللمس لايمارس من بعيد، فإن اصبعي كان بدوره في النقطة (ع). أقوم بعد ذلك بالسلسلة (ر) من الحركات، وفي نهايتها، في اللحظة (ذ)، ألاحظ أن الشيء (أ) يلامس اصبعي الثاني. أستنتج من ذلك أن اصبعي الثاني كان يوجد في (ع)، أي أن نتيجة الحركات (ر) كانت هي أن تقود اصبعي الثاني إلى موضع الأول. في اللحظة (ط) جاء الشيء (ب) لملامسة اصبعي الثاني، ما دمت لم أتحرك، فإن اصبعي الثاني قد ظلّ في (ر)، وبناءً على الفرضية فإنه لن يتحرك قبل اللحظة (ظ). ولكني قمت، بين اللحظتين (ط) و(ظ)، بالحركات (ز). وما دامت هذه الحركات عكس الحركات (ر)، فإن نتيجتها هي أن تقود أصبعي الأول إلى موضع الثاني. إذنْ في اللحظة (ظ) سيكون اصبعي الأول في (ع)، ومادام الشيء (ب) بدوره في (ع)، فإن (ب) سيلامس اصبعي.

إذنْ عن السؤال المطروح يجب الجواب بالإيجاب.

أمّا بالنسبة لنا نحن ، الذين لانعرف الهندسة بعد، فإنه لايمكننا أن نبرهن

كذلك، ولكننا نلاحظ أن هذا التوقع يتحقق عادة، ونستطيع دائمًا أن نفسّر الشواذ قائلين إن الجسم (أ) قد تحرك بين اللحظتين (د) و (ذ) أو الجسم (ب) بين اللحظتين (ط) و (ظ). والتجربة لايمكن أن تعطي النتيجة العكسية، فهل نقول إن هذه النتيجة غير معقولة؟ كلا، طبعا. وماذا كنا سنفعل لو أن التجربة أعطتنا هذه النتيجة العكسية؟ هل كانت كل الهندسة ستصبح مستحيلة؟ كلا. كنا سنقول فقط: إن اللمس يُمارس من بعيد.

عندما أقول إن اللمس لايُمارس من بعيد، ولكن النظر يُمارس من بعيد، فإن لهذا القول معنى هو التالي: للتعرّف على ما إذا كان (ب) يحتل في اللحظة (ذ) النقطة المحتلة من طرف (أ) في اللحظة (د) أستطيع أن أستعمل عدة معايير في أحدها تتدخل عيني، في الثاني اصبعي الأول، في الثالث أصبعي الثاني، إلخ...

والحال هذه، فإنه يكفي أن يتحقق المعيار المتعلّق بأحد أصابعي لكي تتحقق بقية المعايير، في حين أنه لايكفي أن يتحقق المتعلق بعيني ليتحقق الباقي. هذا معنى قولي ذاك، وأقتصر على إثبات حادث تجريبي يتحقق عادة.

حللنا في الفصل السابق المكان البصري ورأينا أن خلق هذا المكان يستلزم إدخال الأحاسيس الشبكية، والإحساس بالتساتل، والإحساس بالملاءمة. أمّا إذا لم يكن هذان الأخيران دائما متفقين فإن المكان البصري سيكون له أربعة أبعاد، بدل ثلاثة. أمّا إذا اكتفينا بالأحاسيس الشبكية، فإننا سنحصل على «المكان البصري البسيط» الذي ليس له سوى بعدين.

لنواجه الآن المكان اللمسي بالاقتصار على أحاسيس اصبع واحد أي، إجمالاً، مجموع الأوضاع التي يمكن أن يشغلها ذلك الاصبع. هذا المكان الذي سنحلله في الفقرة التالية والذي ألتمس، بالتالي، السماح بعدم إضافة شيء إلى شرحه، الآن، هو مكان ذو ثلاثة أبعاد. لماذا للمكان، بحصر المعنى، نفس عدد الابعاد التي للمكان اللمسي، وأكثر من عدد الأبعاد التي للمكان البصري البسيط؟ ذلك لأن اللمس لايُمارس من بعيد، بعكس النظر. وهذان القولان لهما معنى واحد، وقد رأينا ماهو هذا المعنى.

أعود الآن إلى نقطة مررت عليها بسرعة لكي لا أقطع المناقشة. كيف نعرف ان الانطباعات التي تمس شبكيتنا من طرف (أ) في اللحظة (د) ومن طرف (ب) في اللحظة (ذ) انطباعات تلقيناها عن طريق نفس الليفة الشبكية رغم أنها

انطباعات مختلفة كيفياً؟

لقد أدليت بفرضية بسيطة مع إضافة أن فرضيات أخرى، أكثر تعقيداً، يبدو لي احتمال صحتها أكبر. وفيما يلي تلك الفرضيات التي لم أقل بشأنها سوى كلمة صغيرة.

كيف نعرف أن الانطباعات الناتجة عن الشيء الأحمر (أ) في اللحظة (د)، وعن الشيء الأزرق (ب) في اللحظة (ذ)، قد شكلت صورتها في نفس النقطة من الشبكية؟

أقول: كيف عرفنا أن بين تلك الانطباعات شيئاً مشتركاً؟ يمكن رفض الفرضية البسيطة التي أدليت بها من قبل وافتراض أن هذين الانطباعين المختلفين كيفياً قد تلقيتهما بواسطة ألياف عصبية مختلفة رغم تجاورها.

ماهي الوسيلة التي أتوفر عليها لمعرفة أن تلك الألياف متجاورة؟ من المحتمل الّا تكون لدينا أية وسيلة، لو كانت العين ثابتة. إنها إذن حركات العين، حركات العين هي التي أخبرتنا بوجود نفس العلاقة بين الإحساس بالأزرق في النقطة (أ) والإحساس بالأزرق في النقطة (ب) من الشبكية، وبين الإحساس بالأحمر في النقطة (أ) والإحساس بالأحمر في النقطة (ب). لقد بيّنت لنا، بالفعل، أن نفس الحركات المقابلة لنفس الأحاسيس العضلية تجعلنا نمرّ من الأولى إلى الثانية، أو من الثالثة إلى الرابعة. ولن أطيل بشأن هذه الاعتبارات التي ترتبط، كما يلاحظ، بمسألة الإشارات المحلية التي أثارها (لوتز).

٣ ـ المكان اللمسي

وهكذا أتعرّف على تماثل نقطتين ، النقطة التي يشغلها (أ) في اللحظة (د)، والنقطة التي يشغلها (ب) في اللحظة (ط)، لكن شريطة الّا أتحرك بين اللحظتين (د) و(ط).

هذا لايكفي في موضوعنا. فلنفرضْ، إذنْ، أني تحركت بأية طريقة خلال الفاصل بين اللحظتين، كيف سأعرف إذا ما كانت النقطة التي يشغلها (أ) في اللحظة (د) مماثلة للنقطة (ب) في اللحظة (ط)؟

افترض أنه في اللحظة (د) كان الشيء (أ) يلامس اصبعي الأول وأنه كذلك في اللحظة (ط) كان الشيء (ب) يلامس نفس الاصبع الأول، ولكن، وفي

نفس الوقت، أخبرني حسي العضلي أن جسمي قد تحرك خلال الفاصل.

ولقد نظرنا من قبل في سلسلتين من الأحاسيس العضلية (س) و(س 1) وقلنا إنه قد يحدث أحياناً أن ننظر إلى مثل هاتين السلسلتين (س) و(س 1) على أنهما عكسيتان، وقد لاحظنا أنهما، عندما تتتابعان، غالباً ما نسترجع انطباعاتنا الأصلية. حينئذٍ إذا أخبرني حسي العضلي أني تحركت بين اللحظتين (د) و(ط)، بحيث أشعر، على التتالي، بسلسلتي الأحاسيس العضلية (س) و(س 1) اللتين أعتبرهما عكسيتين، إذا حدث هذا فإن النتيجة ستكون كما لو أني لم اتحرك، أي أن النقط التي يشغلها (أ) في اللحظة (د)، و(ب) في اللحظة (ط) نقط مماثلة إذا لاحظت أن اصبعي الأول يلامس (أ) في اللحظة (د)، و(ب) في اللحظة (ط).

إن هذا الحل ليس مرضياً، كما سنرى. ولنر كم من بعد يمكن أن نعطيه فعلاً للمكان حسب هذا الحل. فأنا أريد أن أقارن بين النقطتين اللتين يشغلهما (أ) و(ب) في اللحظتين (د) و(ط) أو ـ وهو نفس الأمر، ما دمت أفترض أن اصبعي يلامس (أ) في اللحظة (د) و(ب) في اللحظة (ط) ـ أقارن بين النقطتين اللتين يحتلهما اصبعي في اللحظة (د) و(ط). الوسيلة الوحيدة التي أتوفر عليها للقيام بهذه المقارنة، هي السلسلة (ك)، المتركبة من الأحاسيس العضلية التي صاحبت حركات جسمي ما بين اللحظتين. وتختلف السلاسل (ك) التي يمكن تخيلها تشكل، كما هو واضح، متصلاً فزيائياً عدد أبعاده كبير جداً. فلنصطلح، كما فعلت، على اعتبار السلسلتين (ك) و (ك + س + س + 1) سلسلتين غير منفصلتين، عندما تكون (س) و(س + س 1) عكسيين، بالمعنى المُعطى، من قبل، لهذه الكلمة. ورغم هذه المواضعة فإن مجموع سلاسل (ك) المنفصلة ستشكل بدورها متصلاً فزيائياً، عدد أبعاده كبير جداً، رغم أنه أقل. فكل واحدة من سلاسل (ك) تقابلها نقطة في المكان. وهكذا ستقابل سلسلتين (ك) و(ك 1) نقطتان (م) و(م 1).

والوسائل التي نتوفر عليها لحد الآن تسمح لنا بالتعرّف على أن (م) و(م 1) ليستا منفصلتين في حالتين:

١ ـ إذا كانت (ك) مماثلة لـ (ك 1).

٢ ـ إذا كانت (ك 1) = (ك + س + س 1)، على أساس أن (س) و(س 1) عكسيتان.

وإذا نظرنا، في كل الحالات الأخرى، إلى (م) و (م 1) على أنها منفصلتان، فإن مجموع النقط سيكون له نفس عدد الأبعاد التي لمجموع سلاسل (ك) المنفصلة، أي أكثر من ثلاثة أبعاد. بالنسبة للذين لديهم معرفة سابقة بالهندسة سيكون من السهل أن نشرح لهم ذلك، عن طريق البرهنة التالية: من بين سلاسل الأحاسيس العضلية القابلة للتخيل، هناك تلك التي تطابق سلاسل الحركة التي لم يتحرك خلالها أصبعي. أقول: لو اعتبرنا (ك) و (ك + هـ) - حيث تطابق (هـ) الحركة التي لم يتحرك خلالها اصبعي - كسلسلتين غير منفصلتين، فإن مجموع السلاسل سيشكل متصلاً له ثلاثة أبعاد. أمّا إذا اعتبرنا السلسلتين (ك 1) منفصلتين، - اللهم إلاّ إذا كانت (ك 1) = (ك +س+ س 1)، و (س) و (س 1) عكسيتين - فإن مجموع السلاسل سيشكل متصلاً له أكثر من ثلاثة أبعاد.

لنفرضْ إذنْ أن المكان توجد فيه مساحة (أ)، وأن في هذه المساحة خط (ب)، وفي هذا الخط نقطة (م)، ولتكن (ج) مجموع سلاسل (ك) و (ج 1) مجموع سلاسل (ك 1)، بحيث يوجد الاصبع، في نهاية الحركات المقابلة لها، على المساحة (أ) و (ج 2) و (ج 3) كذلك مجموع سلاسل (ك)، بحيث يوجد الاصبع، في النهاية، على (ب) أو في (م). وواضح، في البداية، أن (ج 1) سيشكل فصلة تقسم (ج)، أن (ج 2) ستشكل فصلة تقسم (ج 1)، أن (ج 3) ستشكل فصلة تقسم (ج 2). وحسب تعاريفنا، فإنه ينتج عن هذا أنه، إذا كانت (ج 3) متصلاً له (ن) بُعداً، فإن (ج) ستكون متصلاً له (ن + 3) بُعداً. فلنفرضْ إذن وجود سلسلتين (ك) و (ك 1) = (ك + هـ) كجزء من (ج ٣). بالنسبة لهما معاً سيوجد الاصبع، في نهاية الحركات، في (م).

وينتج عن ذلك أن الاصبع يوجد في نفس النقطة (م) سواء عند بداية أو نهاية السلسلة (هـ). إذن هذه السلسلة (هـ) هي واحدة من تلك التي تقابل الحركات التي لم يتحرك خلالها الاصبع. أمّا إذا لم ننظر إلى (ك) و (ك + هـ) على أنها منفصلتان فإن كل سلاسل (ج 3) ستختلط في النهاية. إذنْ سيكون لـ (ج 3) صفر بُعد، وسيكون لـ (ج)، كما كنت بصدد البرهنة عن هذا، ثلاثة أبعاد. أمّا إذا لم أعتبر (ك) و (ك + هـ) مختلطتين [إذا كانت (هـ) = (س + س 1) و (س) و (س 1) عكسيتين]، فإنه من الواضح أن (ج 3) ستضم عدداً كبيراً من سلاسل الأحاسيس المنفصلة، إذ أنه من دون أن يتحرك اصبعي يمكن للجسم أن يتخذ العديد من المواقف المختلفة حينئذ ستشكل (ج 3) متصلاً وسيكون لـ (ج) أكثر من

ثلاثة أبعاد. وهذا أيضاً ما كنت أريد البرهنة عليه.

نحن الذين لانعرف الهندسة بعد لا يمكن أن نتبع هذه الطريقة في البرهنة، لانستطيع سوى الملاحظة، وحينئذ يُطرح السؤال التالي: كيف توصّلنا قبل معرفة الهندسة إلى أن نميز عن بقية السلاسل تلك السلسلة (هـ) التي لايتحرك خلالها الاصبع؟ في الواقع، إنه بهذا التمييز وحده نستطيع أن نصل إلى اعتبار (ك) و(ك + هـ) مماثلتين، وإنه بهذا الشرط وحده، كما رأينا، نستطيع أن نصل إلى المكان ذي الأبعاد الثلاثة.

لقد توصّلنا إلى تمييز السلاسل (هـ) لأن الذي يحدث غالباً أننا عندما نقوم بالحركات المطابقة لتلك السلاسل (هـ) من الأحاسيس العضلية ـ الأحاسيس اللمسية التي تصل إلينا عن طريق عصب الاصبع الذي سميناه الاصبع الأول ـ يحدث أن تستمر تلك الأحاسيس اللمسية ولاتتلف من طرف تلك الحركات. التجربة هي التي تخبرنا بهذا، والتجربة هي وحدها التي تستطيع أن تخبرنا به.

إذا كنا قد قمنا بتمييز الأحاسيس العضلية (س + س 1)، المتكونة من اجتماع سلسلتين عكسيتين، فلأنها تحافظ على مجموع انطباعاتنا. وإذا ميّزنا الآن السلاسل (هـ) فلأنها تحتفظ ببعض انطباعاتنا. [وعندما أقول إن سلسلة أحاسيس عضلية (س) «تحتفظ» بواحد من انطباعاتنا (أ) فأنا أعني أننا نلاحظ أننا، إذا عشنا الانطباع (أ) ثم الأحاسيس العضلية (س)، نشعر بالإنطباع (أ) بعد الأحاسيس (س)].

قلت من قبل إنه يحدث غالباً ألّا تتلف السلاسل (هـ) الانطباعات اللمسية التي يعرفها اصبعنا الأول، وقلت غالباً، ولم أقل دائماً. هذا ما نُعَبِّرُ عنه، بلغتنا العادية، عندما نقول إن الانطباع اللمسي لم يكن ليتلف لو أن الاصبع لم يتحرك، شريطة ألّا يتحرك بدوره الشيء (أ) الذي كان يلامسه ذلك الاصبع. وقبل معرفة الهندسة، لانستطيع إعطاء هذا التفسير، كل ما نستطيعه هو أن نلاحظ أن الانطباع يستمر غالباً، ولكن ليس دائماً.

ولكن يكفي أن يستمر غالباً لكي تبدو السلاسل (هـ) سلاسل بارزة، لكي نصل إلى ترتيب السلاسل (ك) و(ك + هـ) داخل نفس الصنف ومن هنا عدم النظر إليهما على أنهما منفصلتان، وضمن هذه الشروط رأينا أنها ستخلق متصلاً فزيائياً له ثلاثة أبعاد. إذنْ هذا مكان ذو ثلاثة أبعاد خلقه اصبعي. وكل واحد من احاسيس اصبعي سيخلق مكاناً مماثلاً.

كيف توصلنا إلى اعتبارها مماثلة للمكان البصري، إلى اعتبارها مماثلة للمكان الهندسي؟ هذا ما بقي بحثه. ولكن، قبل أن نذهب بعيداً لندلِ بملاحظة: حسب ما سلف نحن لانعرف فقط المكان أو، بتعميم أكبر، الحالة النهائية لجسمنا، إلاّ بواسطة سلاسل الأحاسيس العضلية التي تكشف لنا عن الحركات التي تجعلنا نمر من حالة معينة أصلية إلى تلك الحالة النهائية. غير أنه من الواضح أن هذه الحالة النهائية تخضع، من جهة، لتلك الحركات، ومن جهة أخرى، للحالة الأصلية التي انطلقنا منها. والحالة هذه، فإن تلك الحركات تتكشّف لنا بواسطة الأحاسيس العضلية، ولكن لاشيء يجعلنا نعرف الحالة الأصلية، لاشيء يجعلنا نميزها عن كل الحالات الأخرى الممكنة. وهذا ما يبين بوضوح نسبية المكان الأصلية.

٤ ـ تطابق مختلف الأمكنة:

لقد استدرجنا إذن إلى مقارنة متصلين (ج) و(ج 1) يحدث أحدهما مثلا أصبعي الأول (د) والآخر أصبعي الثاني (د 1). ولكل من هذين المتصلين الفزيائين ثلاثة أبعاد. وكل عنصر من (ج) أو، إذا شئت، كل نقطة من المكان اللمسي، تقابلها سلسلة من الأحاسيس العضلية (ك) تجعلني أمر من وضعية أولية معينة إلى وضعية نهائية معينة[١]

بالاضافة إلى ذلك فإن نفس النقطة في المكان الأول ستقابلها (ك) و(ك + هـ) إذا كانت (هـ) سلسلة نعرف أنها لاتحرك الاصبع (د). كذلك، فإن كل عنصر من المتصل (ج 1)، أو كل نقطة من المكان اللمسي الثاني، تقابل سلسلة من الأحاسيس (ك 1)، ونفس النقطة ستقابل (ك 1) و(ك 1 + هـ 1)، إذا كانت (هـ 1) سلسلة لاتحرك الاصبع (د 1).

ما يجعلنا إذن نميز بين السلسلتين (هـ) و(هـ 1) هو أن الأولى لاتغير الانطباعات اللمسية التي يعانيها الاصبع (د) وأن الثانية تحفظ تلك التي يُعانيها الاصبع (د 1).

والحالة هذه، فإننا نشاهد: في البداية يعاني الاصبع (د 1) إحساساً (أ - 1)، أقوم بحركات تؤدّي إلى إحداث الأحاسيس العضلية (س)، أصبعي (د) يعاني

---

(١) بدل القول إننا نرد المكان إلى محاور مرتبطة دوماً بجسمنا قد يكون من الأفضل القول، طبقاً لما سبق، أننا نردّه إلى محاور مرتبطة دوماً بالوضعية الأصلية لجسمنا.

الانطباع (أ)، أقوم بحركات تؤدّي إلى إحداث سلسلة من الأحاسيس (هـ)، بظل أصبعي (د) يعاني الانطباع (أ)، مادامت تلك هي الخاصة المميزة للسلاسل (هـ). أقوم، بعد ذلك بحركات تحدث السلسلة (س 1)، من الأحاسيس العضلية وهي عكس السلسلة (س)، بالمعنى الذي أعطيناه سابقاً لهذه الكلمة. الاحظ حينئذ أن اصبعي (د) يعاني من جديد الانطباع (أ - 1) [وطبعاً من أجل هذا يجب أن تكون (س) قد اختيرت بطريقة ملائمة]، وذلك يعني أن السلسلة (س + هـ + س 1) التي تحفظ الانطباعات اللمسية التي يعانيها الاصبع (د 1)، هي واحدة من السلاسل التي أسميتها (هـ 1). وعلى العكس، إذا اعتبرنا أية سلسلة (هـ 1) فإن (س 1 + هـ 1 + س) ستكون إحدى السلاسل التي نسميها (هـ).

وهكذا، إذا اختيرت (س) بطريقة ملائمة، فإن (س + هـ + س 1) ستكون سلسلة (هـ 1)، وبتغيير (هـ)، بكل الطرق الممكنة، سنحصل على كل السلاسل (هـ 1) الممكنة. كل هذا، ما دمنا لم نعرف بعد الهندسة، لايمكننا سوى ملاحظته، أمّا الذين يعرفون الهندسة، فإنهم يفسّرون الحادث بالشكل التالي: في البداية يوجد أصبعي (د 1) في النقطة (م) ملامساً الشيء (ء) الذي يجعله يعاني الانطباع (أ - 1)، فأقوم بالحركات المقابلة للسلسلة (س)، قلت إن هذه السلسلة يجب أن تُختار بطريقة ملائمة، وأنه يجب أن أقوم بهذا الاختيار بحيث تقود تلك الحركات الاصبع (د) إلى النقطة التي كان يحتلها في البداية الاصبع (د 1)، أي إلى النقطة (م)، هذا الاصبع (د) سيكون هكذا، ملامساً للشيء (ء) الذي سيجعله يعاني الانطباع (أ).

أقوم بعد ذلك بالحركات المقابلة للسلسلة (هـ). مع هذه الحركات، وحسب الفرضية، لاتتغير وضعية الأصبع (د). إذن يبقى هذا الاصبع ملامساً للشيء (ء)، ويظلّ يعاني الانطباع (أ). في الأخير، أقوم بالحركات المقابلة للسلسلة (س 1)، وما دامت (س 1) هي عكس (س)، فإن تلك الحركات ستقود الاصبع (د 1) إلى النقطة التي كان يحتلها في البداية (د)، أي إلى (م). فإذا لم يتحرك الشيء (ء)، كما هو مسموح بذلك، فإن الاصبع (د 1) سيكون ملامساً لذلك الشيء، وسيعاني من جديد الانطباع (أ - 1) هذا ما كان يجب بيانه. فلننظر إلى النتائج:

أعتبر السلسلة من الأحاسيس العضلية (ك). هذه السلسلة ستقابلها نقطة (م) من المكان اللمسي الأول.

فلنسترجع الآن السلسلتين (س) و(س 1) العكسيتين اللتين كنا بصدد الحديث عنهما. السلسلة (س + ك + س 1) ستقابلها نقطة (ن) من المكان اللمسي الثاني، ما دامت أية سلسلة من الأحاسيس العضلية تقابلها، كما سبق أن قلنا، نقطة، سواء من المكان اللمسي الأول، أو المكان الثاني. وسأعتبر النقطتين (ن) و(م) المعرفتين بتلك الطريقة، كنقطتين متناظرتين. ما الذي يسمح لي بذلك؟ لكي يكون هذا التناظر مقبولاً فإنه من اللازم، إذا كان هناك تطابق بين النقطتين المقابلتين (م) و(م – 1) في المكان الأول للسلسلتين (ك) و (ك 1)، أن يكون هناك أيضاً تطابق بين النقطتين المقابلتين في المكان الثاني لـ (ن) و(ن – 1)، أي بين النقطتين الموافقتين للسلسلتين (س + ك + س 1) و(س + ك 1 + س 1). وسنرى أن هذا الشرط مستوف.

فلنقمْ، في البداية، بملاحظة: ما دامت (س) و(س 1) متعاكستين، فإنه سيكون لدينا (س + س 1) = 0، وبالتالي (س + س 1 + ك) = (ك + س + س 1) = (ك)، أو أيضاً:

(ك + س + س 1 + ك 1) = (ك + ك 1). غير أنه لاينتج عن هذا أن تكون لدينا: (س + ك + س 1) = ك، ذلك أنه رغم استعمالنا لرمز الجمع، من أجل تمثيل تتابع أحاسيسنا، فإنه من الواضح أن ترتيب ذلك التتابع ليس كيفما اتفق، أي بلا معنى. لانستطيع إذنْ، كما هو الشأن بالنسبة للجمع العادي، قلب ترتيب الحدود، وباستعمال اللغة الموجزة، فإن عملياتنا ترابطية، ولكنها ليست تبادلية. وإذا تقرر هذا ، فإنه لكي تقابل (ك) و(ك 1) نقطة واحدة (م) = (م 1)، من المكان الأول، يجب، ويكفي، أن تكون (ك 1) = (ك + هـ). وسيكون لدينا حينئذٍ: س + ك 1 + س 1 = س + ك + هـ + س 1= س + ك + س 1+ س + هـ + س 1 غير أنّا لاحظنا أن (س + هـ + س 1) هي واحدة من السلاسل (هـ 1). إذن سيكون لدينا:

(س + ك 1 + س 1) = (س + ك + س 1 + هـ 1) وهذا يعني أن السلسلتين (س + ك 1 + س 1) و(س + ك + س 1) تقابلان نفس النقطة (ن) = (ن 1) في المكان الثاني.

هذا ما كان يجب بيانه.

مكانان إذن يتقابلان نقطة نقطة، ويمكن «نقل» أحدهما على ا لآخر. إنهما متقابلان؛ فكيف توصّلنا إلى استنتاج أنهما مماثلان؟ لنأخذ السلسلتين (هـ)

و(س + هـ + س 1) = (هـ 1)، قلت إن السلسلة (هـ)، غالباً، وليس دائماً، تحفظ الانطباع اللمسي (أ) الذي يعانيه الاصبع (د). كذلك يقع غالباً، وليس دائماً، أن تحفظ السلسلة (هـ 1) الانطباع (أ - 1) الذي يعانيه الاصبع (د 1). والحالة هذه، ألاحظ أنه يحدث غالباً جدا (أي أكثر بكثير مما أسميته غالباً)، قلت: يحدث أنه عندما تكون السلسلة (هـ) قد حفظت الانطباع (أ) المتعلق بالاصبع (د) أن تحفظ السلسلة (هـ 1) وفي نفس الوقت، الانطباع (أ - 1)، المتعلق بالاصبع (د 1). وعلى العكس، إذا كان الانطباع الأول قد أتلف فإن الانطباع الثاني يتلف بدوره. هذا يحدث غالباً جداً، ولكن ليس دائماً.

نؤوّل هذا الحادث التجريبي قائلين إن الشيء المجهول (ء) الذي أحدث الانطباع (أ) بالاصبع (د) مماثل للشيء المجهول (ء - 1) الذي أحدث الانطباع (أ - 1) بالاصبع (د - 1). وبالفعل، فإنه عندما يتحرك الشيء الأول، وهو ما يخبرنا به زوال الانطباع (أ)، يتحرك أيضاً الشيء الثاني، إذْ أن الانطباع (أ - 1) يزول بدوره، وعندما يظل الشيء الأول ثابتاً يظل الشيء الثاني ثابتاً. وإذا كان هذان الشيئان متطابقين فإنه، ما دام الأول في النقطة (م) من المكان الأول، والثاني في النقطة (ن) من المكان الثاني، ما دام الأمر هكذا، فإن النقطتين متطابقتان.

وبهذه الطريقة نتوصّل إلى اعتبار هذين المكانين متطابقين، وبتعبير أحسن، هذا ما نعنيه عندما نقول إنهما متطابقان. وما كنا بصدد قوله عن تطابق هذين المكانين اللمسيين يعفينا من مناقشة مسألة تطابق المكان اللمسي والمكان البصري، لأنها مسألة تحُلّ بنفس الطريقة.

٥ ــ المكان والتجريبية:

يبدو أنني سأصل إلى نتائج مطابقة للأفكار التجريبية. ولقد حاولت ، بالفعل ، أن أبين دور التجربة وأن أحلل الحوادث التجريبية التي تتدخل في تكون المكان ذي الأبعاد الثلاثة.

ولكن، مهما كانت أهمية هذه الحوادث، فإن هناك شيئاً لايجب نسيانه، وقد أثرت إليه الانتباه أكثر من مرة، فهذه الحوادث التجريبية يتحقق غالباً، وليس دائماً. وهذا يعني بالطبع أن المكان له ثلاثة أبعاد غالباً، ولكن ليس دائماً.

أعرف أنه من السهل التخلّص من هذا، وسنفسّر سهولته بالقول إن الأشياء الخارجية قد تحركت. فإذا نجحت التجربة، نقول إنها تخبرنا عن المكان. وإذا لم

تنجح فإننا نؤاخذ الحوادث الخارجية، متهمين إيّاها بالحركة. وبعبارة أخرى: إذا لم تنجح فإننا نساعدها.

هذه المساعدات شرعية. أوافق على ذلك. ولكنها تكفي لتنبيهنا إلى أن خاصيات المكان ليست تجريبية بالمعنى الدقيق. ولو أردنا أن نختبر قوانين أخرى لكان بالإمكان القيام بذلك عن طريق مساعدات مماثلة. ألن نتمكن من تبرير هذه المساعدات بنفس الأسباب؟ أكثر ما يمكن أن يُقال: «مساعداتكم شرعية، ما في ذلك شك، ولكنكم تبالغون فيها، فما الفائدة من تحريك الأشياء الخارجية في أغلب الأحيان؟»

الخلاصة، إن التجربة لاتدلّنا على أن للمكان ثلاثة أبعاد، إنها تدلّنا على أنه من الملائم إعطاؤه ثلاثة أبعاد، لأنه بهذه الطريقة يكون عدد المساعدات قد رُدّ إلى حده الأدنى. أضيف كذلك إن التجربة لن تجعلنا نلمس سوى المكان التمثيلي الذي يشكل متصلاً فزيائياً، وليس المكان الهندسي الذي يشكل متصلاً رياضياً، وأكثر ما تستطيعه هو أنه من الممكن أن تخبرنا بأنه من الملائم إعطاء ثلاثة أبعاد للمكان الهندسي، لكي يكون له نفس عدد الأبعاد التي للمكان التمثيلي.

المسألة التجريبية يمكن أن تُطرح بشكل آخر: هل بالامكان تصور الظواهر الفزيائية، الميكانيكية مثلاً، خارج إطار المكان ذي الأبعاد الثلاثة؟ قد نحصل هكذا على برهان تجريبي موضوعي ومستقل، إذا صحّ التعبير، عن فزيولوجيتنا، عن أنماط تصورنا. غير أن الأمر ليس كذلك. ولن أناقش هنا المسألة بتمامها، سأكتفي بالتذكير بالمثال المدهش الذي تقدمه لنا ميكانيكا هرتز.

من المعروف أن هذا الفزيائي الكبير لم يكن يؤمن بوجود القوى بحصر المعنى. فهو يفترض أن النقط المادية المرئية خاضعة لبعض الارتباطات غير المرئية التي تربطها بنقط أخرى غير مرئية وأن مفعول هذه الارتباطات هو ما ننسبه إلى القوى. إلاّ أن هذا ليس سوى جز من أفكاره. فلنفرضْ نسقاً مكونا من (ن) نقطة مرئية، أو غير مرئية. إن هذا سيشكل في المجموع (3ن) من الاحداثيات. فلننظر إليها على أنها إحداثيات نقطة فردية في المكان ذي (3ن) من الأبعاد. هذه النقطة الفردية ستبقى مثبتة على مساحة (ذات أيّ عدد من الأبعاد 3ن) بموجب الارتباطات التي كنا بصدد الحديث عنها، ولكي تنتقل، فوق تلك المساحة من نقطة إلى أخرى، فإنها ستأخذ دائما أقصر طريق. وهذا هو المبدأ الفذّ الذي يمكن أن يلخّص كل الميكانيكا.

كيفما كان موقفنا من هذه الفرضية، وسواء استهوتنا بساطتها أو صدنا طابعها الاصطناعي، فإن مجرد القدرة على تصورها من طرف هرتز، وعلى النظر إليها كفرضية أكثر ملاءمة من فرضياتنا العادية، إن هذا الأمر يكفي للتدليل على أن أفكارنا المألوفة، وخاصة الأبعاد الثلاثة للمكان، لاتفرض إطلاقاً على الميكانيكي من طرف قوة لاتُقهر.

٦ ـ العقل والمكان

التجربة إذنْ لم تلعب سوى دور واحد، ذلك أنها قد هيأت المناسبة. غير أن هذا الدور كان، مع ذلك، في غاية الأهمية. ولقد رأيت أنه من الضروري أن أبرزه. الدور كان سيكون عديم الجدوى لو وجد بشكل قَبْلي يفرض نفسه على حساسيتنا ويكون هـو المكان ذو الأبعاد الثلاثة.

هل يوجد هذا الشكل، أو إذا شئت، هل نستطيع تصور المكان الذي له أكثر من ثلاثة أبعاد؟

أولاً: ماذا يعني هذا السؤال؟ من الواضح أننا لانستطيع، بالمعنى الدقيق للكلمة، أن نتصور المكان ذا الأبعاد الأربعة، ولا المكان ذا الأبعاد الثلاثة. وقبل كل شيء، نحن لانستطيع تصورهما فارغين، ولا نستطيع أن نتصور شيئاً لا في المكان ذي الأبعاد الأربعة ولا في المكان ذي الأبعاد الثلاثة:

١ ـ لأن هذين المكانين لا نهائيان، ولا نستطيع تصور شكل في المكان، أي الجزء داخل الكل، من غير تصور الكل، وهو ما يبقى مستحيلا، ما دام هذا الكل لانهائيا.

٢ ـ لأن هذين المكانين متصلان هندسيان، ونحن لانستطيع تصور غير المتصل الفزيائي.

٣ ـ لأنهما متجانسان ، بينما الأطر التي ندخل فيها أحاسيسنا لا يمكن أن تكون متجانسة، ما دامت محدودة.

وهكذا، فالسؤال المطروح لايمكن أن يُفهم إلّا بطريقة واحدة: هل من الممكن أن نتخيل أننا، ما دامت نتائج التجارب التي تحدثنا عنها سابقا قد كانت متباينة، أننا قد دُفِعنا إلى إعطاء المكان أكثر من ثلاثة أبعاد؟ وذلك بأن نتخيل مثلاً أن الإحساس بالملاءمة ليس باستمرار على اتفاق مع الإحساس بتساتل العينين، أو أن التجارب التي تحدثنا عنها في الفقرة الثانية ـ والتي عبرنا عن نتيجتها بالقول:

إن اللمس لايُمارس من بعيد ــ قد أوصلتنا إلى نتيجة عكسية.

حينئذٍ سيكون واضحاً أن ذلك ممكن. ففي الوقت الذي نتخيل فيه تجربة، نتخيل بذلك أيضاً النتيجتين المتناقضتين، اللتين يمكن أن تعطيهما. هذا ممكن، ولكنه صعب، لأنه سيكون علينا أن نتغلّب على العديد من تداعيات الأفكار التي هي نتيجة خبرة شخصية طويلة ونتيجة خبرة الجنس البشري، التي هي خبرة أطول. فهل هذه التداعيات (على الأقل تلك التي ورثناها عن أسلافنا) هي التي تشكل تلك الصورة القَبْلية التي يُقال إن لدينا عنها حَدْساً خالصاً؟

عندئذٍ لا أفهم لماذا يُصرّح بأنها تتمرد على التحليل ويُرفَض لي الحق في البحث عن أصلها.

عندما يُقال بأن أحاسيسنا «ممتدة» فإنه لايمكن أن يُقصد بهذا إلاّ شيء واحد، وهو أنها توجد دائمًا مرتبطة بفكرة عن بعض الأحاسيس العضلية التي توافق الحركات، التي تسمح بالوصول إلى الشيء الذي يثيرها، والتي، بعبارة أخرى، تسمح بالمقاومة ضدها. وبالتدقيق، فإن هذا التداعي قديم جداً ويبدو لنا غير قابل للتحطيم، لأنه صالح للدفاع عن العضوية. ومع ذلك فإنه مجرد تداعٍ، ونستطيع تصور إمكانية قطعه، بحيث لايمكن أن نقول إن الإحساس لايمكن أنْ يدخل في الشعور، إنْ لم يدخل في المكان، وهو ما يعني: من غير أن يدخل في ذلك التداعي.

لا أستطيع ان أفهم كذلك أن يُقال إن فكرة الزمان تالية منطقياً بالنسبة للمكان لأننا لانتصور الزمان إلاّ في شكل مستقيم. فهذا مرادف للقول إن الزمان تالٍ لزراعة المراعي لأننا نتصوره عادة حاملاً منجلاً كبيراً. ألاَّ نستطيع تصور مختلف أجزاء الزمان في نفس الوقت، فهذا أمر بدهي، ما دامت السمة الجوهرية لأجزاء الزمان في كونها غير متآنية. إلاّ أنه ليس معنى هذا أنه ليس لدينا حَدْس للزمان. فبهذا الاعتبار لن يكون لدينا كذلك حَدْس للمكان، لأننا لانستطيع تصوره بدوره، بالمعنى الدقيق للكلمة، نظراً لما تقدم من الأسباب. إن ما نتصوره، تحت إسم مستقيم، صورة بدائية تشبه، بشكل سيء، المستقيم الهندسي والزمان على حد سواء. لماذا قيل إن كل محاولة لإعطاء المكان بُعداً رابعاً تردّ دائمًا ذلك البعد إلى أحد الأبعاد الثلاثة؟ من السهل فهم هذا. لنتأمل أحاسيسنا العضلية و«السلاسل» التي يمكن أن تكونها. بعد تجارب عديدة تصبح التصورات الذهنية

لتلك السلاسل مرتبطة فيما بينها داخل نسيج معقد جداً، تصبح سلاسلاً مرتبة. وليسمح لي من أجل الملاءمة اللغوية، أن أعبّر عن فكرتي بطريقة بدائية، بل وغير صحيحة، بأن أقول إن سلاسل أحاسيسنا العضلية مرتبة في ثلاثة أصناف تقابل الأبعاد الثلاثة للمكان. بالطبع، هذا التصنيف أكثر تعقيداً مما فعلت، ولكن ذلك يكفي لفهم استدلالي: فأنا إذا أردت أن أتصور بُعداً رابعاً يكون عليّ أن أفترض سلسلة أخرى من الأحاسيس تدخل داخل صنف رابع. ولكن بما أن أحاسيسي العضلية قد رُتبت جميعها، من قبل، في الأصناف الثلاثة فإني لاأستطيع أن أتصور سوى سلسلة تنتمي إلى أحد الأصناف الثلاثة، بحيث أن بعدي الرابع سيردّ الى أحد الأبعاد الثلاثة.

على أي شيء يَدُل هذا؟

يدل على أنه كان يجب القضاء على التصنيف القديم واستبداله بآخر جديد تكون فيه سلاسل الأحاسيس العضلية مقسمة إلى أربعة أصناف. وهكذا كانت ستزول تلك الصعوبة. وهي تقدم أحياناً بشكل أكثر وضوحاً. لنفرض أني سجين غرفة، بين حواجز ستة، تشكلها الجدران الاربعة والسقف والأرضية، وأنه يستحيل عليّ الخروج منها، أوتصور هذا الخروج. عفواً: ألا يمكن أن تتصوروا أن الباب قد فُتح أو أن اثنين من تلك الحواجز قد أنفرجا؟ سيُقال بطبيعة الحال إنه يجب افتراض تلك الحواجز ثابتة. ـ أجل، غير أنه بدهي أنه يظل معي الحق في أن أتحرك. حينئذٍ الحواجز التي نتصورها في حالة سكون مطلق ستكون في حالة حركة نسبية، بالنسبة لي. ـ نعم، ولكن حركة نسبية مماثلة لايمكن أن توجد مهما كان، عندما تكون هناك أشياء في حالة سكون، فإن حركتها النسبية، بالنسبة لأية محاور، هي حركة جسم صلب لامتغير. والحالة هذه، فإن الحركات الظاهرية، التي تفترضونها ،ليست مطابقة لقوانين الجسم الصلب اللا متغير، ولا شيء يمنع من تصورها مخالفة.

باختصار ، لكي أتصور نفسي أخرج من سجني ليس عليّ سوى تصور أن الحواجز تبدو في حركة انفراج عندما أتحرك. أعتقد إذن أنه إذا كان يقصد بالمكان متصلا رياضيا ذا أبعاد ثلاثة، ولو كان عديم الشكل، فإن العقل هو الذي ينشئه، ولكنه لاينشئه من لاشيء، إنه في حاجة إلى مواد وطرز. وهذه المواد والطرز توجد فيه قبلاً. غير أنه ليس هناك طراز وحيد يفرض نفسه عليه، وإنما بإمكانه الاختيار. يستطيع مثلاً أن يختار بين المكان ذي الأبعاد الأربعة والمكان ذي الأبعاد الثلاثة.

فما هو دور التجربة في هذه الحالة؟ إنها هي التي تعطيه التعليمات التي يختار على ضوئها.

شيء آخر: من أين يأتي الطابع الكمي للمكان؟ إنه يأتي من الدور الذي تقوم به في تكونه سلاسل الأحاسيس العضلية. إنها سلاسل قابلة للتكرار، ومن تكرارها يأتي العدد، والمكان لانهائي لأنها يمكن أن تتكرر بطريقة لا نهائية.

وأخيراً، فإنّا قد رأينا، في نهاية الفقرة الثالثة، أنه لذلك كان المكان نسبياً. وهكذا، فالتكرار هو الذي أعطى للمكان خاصياته الجوهرية.

والحالة هذه، فإن التكرار يفترض الزمان. وذلك يكفي للقول إن الزمان سابق منطقياً على المكان.

٧ ـ دور القنوات شبه المستديرة:

لم أتحدث حتى الآن عن دور بعض الأعضاء التي يوليها الفزيولوجيون، عن حق، أهمية أساسية. وأعني بذلك القنوات شبه المستديرة. لقد بيّنت تجارب عديدة، وبما فيه الكفاية، أن تلك القنوات ضرورية لحاسة التوجّه. غير أن الفزيولوجيين ليسوا على اتفاق تام، فقد اقتُرحت نظريتان متناقضتان: نظرية ماخ دولاج ونظرية السيد سيون.

السيد سيون فزيولوجي اشتهر اسمه بفضل اكتشافات مهمة متعلقة بطريقة انتشار الأعصاب في القلب. غير أني مع ذلك لايمكن أن أشاطره آراءه حول المسألة التي تهمنا هنا. وبما أني لست فزيولوجياً فإنني أتردد في نقد التجارب التي وجهها ضد النظرية المناقضة التي قال بها ماخ دولاج.

مع ذلك فإن هذه التجارب تبدو لي غير مقنعة لأنه في الكثير منها يجري تغيير للضغط داخل قناة بأتمها، بينما الذي يتغير، من الناحية الفزيولوجية، هو الفرق بين الضغوط على طرفي القناة. وفي تجارب أخرى كانت الأعضاء متضررة بعمق، الأمر الذي يوجب تغييراً في وظائفها. مع ذلك فإن هذا لايهم، فهذه التجارب، لو كانت بعيدة عن كل مأخذ، كانت ستكون حاسمة ضد النظرية القديمة، نظرية سيون، لكنها لايمكن أن تكون كذلك بالنسبة للنظرية الجديدة.

وإذا كنت قد فهمت جيداً نظريته فإن عرضها يكفيني لكي يفهم أنه من المستحيل تصورُ تجربة تؤكدها. حسب هذه النظرية، فإن أزواج القنوات الثلاث

لها وظيفة وحيدة هي إخبارنا بأن المكان له ثلاثة أبعاد. أمّا الفئران اليابانية فليس لها سوى زوجين من القنوات. وهي تظن، على ما يبدو، أن المكان ليس له سوى بعدين، وتعبر عن هذه الفكرة بأشد الطرق غرابة، وذلك بتنظيم نفسها في شكل دائرة وإن يضع كل فأر أنفه تحت ذيل الذي وراءه، وإذا نظمت بهذا الشكل فإنها تبدو تدور بسرعة. وأمّا سمك الشلق الذي ليس له سوى زوج واحد من القنوات فإنه يظن أن المكان ليس له سوى بعد واحد. غير أن تَعْبِيرَهُ عن هذا أقل ضجيجاً.

من الواضح أن نظرية، كهذه، لايمكن أن تُقبل، فالحواس مخصصة لإخبارنا بالتحولات التي تحدث في العالم.

ولن نفهم لماذا يكون الخالق قد أعطانا أعضاء مخصصة لأن تصرخ فينا على الدوام: تذكر أن للمكان ثلاثة أبعاد، ما دام عدد هذه الأبعاد الثلاثة ليس موضوعاً لأي تحول.

يجب العودة إذنْ إلى نظرية ماخ دولاج. إن ما يمكن أن نعرفه بواسطة أعصاب القنوات هو الفرق في الضغط بين طرفي القناة الواحدة، ومن ثمة معرفة:

١ ــ اتجاه الخط العمودي بالنسبة لثلاثة محاور مرتبطة دائما بالرأس.
٢ ــ المركبات الثلاثة للتسارع الانتقالي لمركز ثقل الرأس.
٣ ــ القوى النابذة التي ينميها دوران الرأس.
٤ ــ التسارع في حركة دوران الرأس.

ينتج عن تجارب السيد دولاج أن هذه الإشارة الأخيرة هي الأكثر أهمية. وذلك بدون شك لأن الأعصاب أقل إحساساً بالفرق في الضغط بعينه منه بالتغيرات المفاجئة لهذا الفرق. أمّا الإشارات الثلاث الأولى فيمكن أن تُهمل.

بمعرفة تسارع حركة دوران الرأس في كل لحظة سنتنج منه، بواسطة دمج لاشعوري، التوجه النهائي للرأس، بردِّه إلى توجه أولي معين يتم أخذه كأصل. القنوات الدائرية إذنْ تساهم في معرفتنا بالحركات التي قمنا بها، وذلك بنفس طريقة الأحاسيس العضلية. إذنْ، عندما كنا نتحدث من قبل عن السلسلة (س) أو السلسلة (ك) فإنه كان علينا أن نقول إنها سلاسل من الأحاسيس العضلية ومن أحاسيس القنوات شبه الدائرية، على حد سواء، بدل القول إنها سلاسل أحاسيس عضلية فقط. وما عدا هذا فإنه لن يكون لدينا ما نضيفه إلى ما سبق.

بالطبع، داخل السلاسل (س) و(ك)، فإن أحاسيس القنوات شبه المستديرة تحتل مكانة بالغة الأهمية. ولكنها، وحدها، غير كافية، مع ذلك، لأنها لايمكن أن تمدنا بمعلومات إلاّ عن حركات الرأس، ولايمكن أن تخبـرنا بشيء فيـما يتعلق بحركات الجذع أو الأعضاء بالنسبة للرأس.

بالإضافة إلى ذلك، فإنه يبدو أنها تخبرنا فقط بدوران الرأس وليس بالحركات الإنتقالية التي يمكن أن يعانيها.

القسم الثاني: العلوم الفزيائية

الفصل الخامس:

التحليل والفزياء

- I -

لاشك أنه قد طُلِب منكم مراراً أن تجيبوا عن هذا السؤال: لأي شيء تصلح الرياضيات، فهذه البناءات الدقيقة التي نستخرجها من عقلنا، أليست كلها بناءات اصطناعية ومن خلق هوانا؟

يجب أن نقوم بتمييز بين صفوف هؤلاء الذين يطرحون هذا السؤال: هناك الناس العمليون الذين يطلبون منا فقط وسيلة لكسب المال. هؤلاء لايستحقون أن نجيب عن سؤالهم، إنهم بالأحرى هم الذين يجب أن نسألهم عن الفائدة التي توجد من وراء تكديس الثروات إذا كان الوقت اللازم لجمعها يجعلنا نهمل الفن والعلم اللذين بإمكانهما وحدهما أن يعطيانا نفوساً قادرة على التمتع بالثروات.

Et propter irtam irvendi perdere causas

أضف إلى ذلك أن علمًا يوضع فقط بغاية تطبيقه علم مستحيل. فالحقائق لاتصبح خصبة إلاّ بربطها بعضها ببعض. وإذا تشبثنا فقط بالحقائق ذات النتائج الفورية فإن الحلقات الوسيطة ستزول، ولن نحصل بهذا على سلسلة.

إن الرجال الأكثر استخفافاً بالنظرية يجدون فيها بلا شك غذاء يوميا. ولو

حرمنا من هذا الغذاء لتوقف التقدم بسرعة ولتجمدنا بسرعة داخل «سكون الصين» ولكن، يكفينا اهتماماً بالعمليين المتصلبين. فإلى جانبهم يوجد أولئك الذين يتطلعون إلى الطبيعة فقط والذين يسألوننا عما إذا كنا قادرين على جعلهم يعرفون أكثر.

لكي نجيب هؤلاء ما علينا إلاّ أن نريهم آيتين في طور الإنجاز هما الميكانيكا السماوية والفزياء الرياضية. ولاشك أنهم سيقرّون معنا بأن هاتين الرائعتين تستحقان كل التعب الذي تطلّبتاه منا. غير أن هذا لايكفي.

إن للرياضيات ثلاثة أهداف: يجب أن تمدنا بأداة لدراسة الطبيعة. ليس هذا فقط: إن للرياضيات هدفاً فلسفيا، وسأتجرأ وأقول: إن لها هدفاً جماليا. يجب أن تقوم الرياضيات بمساعدة الفيلسوف على تعميق مفاهيم العدد، والمكان والزمان، وهواة الرياضيات على الخصوص يجدون فيها متعاً مماثلة لتلك التي يمنحها الرسم والموسيقى، إنهم يُعجبون بدقة نظام الأعداد والأشكال ويُصابون بالافتتان عندما يفتح أمامهم اكتشاف جديد إمكانية غير متوقعة. هذه البهجة التي يشعرون بها هكذا، أليس لها طابع جمالي رغم أن الحواس لاتشارك فيها؟ صحيح أن القليل من المحظوظين هو الذي يصل إلى التمتع بها كاملة، ولكن أليس هذا هو الشأن في الفنون الأكثر نبلاً؟

من أجل ذلك لاأتردد في القول إن الرياضيات يجب أن تُدرس لذاتها، وأن هذا الأمر يجب أن يُراعى كذلك بالنسبة للنظريات التي لايمكن أن تُطبق في الفزياء. وبالرغم من أن الهدف الفزيائي والهدف الجمالي قد لايلتقيان فإنه ينبغي إلاّ نضحي لا بهذا ولا بذاك. أكثر من ذلك: إن هذين الهدفين غير قابلين للفصل وأحسن طريقة للوصول إلى أحدهما هي أن نسعى إلى الآخر أو، على الأقل، ألاّ يغيب عن بصرنا أبداً. وهذا ما سأجتهد في تبيانه بتوضيح طبيعة العلاقات الموجودة بين العلم الخالص وتطبيقاته.

إن الرياضي لاينبغي أن يكون بالنسبة للفزيائي مجرد مزود بالصيغ، وإنما يجب أن تقوم بينهما علاقة تعاون أكثر عمقاً. فالفزياء الرياضية والتحليل لَيْستا فقط قوتين متجاورتين ترتبطان بعلاقات حسن الجوار، ولكنهما يتداخلان بعمق وروحهما واحدة.

هذا ما سيتم فهمه بشكل أحسن عندما أكون قد بيّنت ما تتلقاه الفزياء من الرياضيات وما تستفيده، في المقابل، الرياضيات من الفزياء.

إن الفزيائي لايمكن أن يطلب من الرياضي أن يكتشف له حقيقة جديدة، غير أن الرياضي يمكن أن يساعده على حَدْسها. فمنذ زمن طويل لم يعد هناك مَنْ يخطر بباله أن يتخطى التجربة أو أن يقوم ببناء العالم جزءاً فجزءاً على أساس بعض الفرضيات السريعة. وتلك البناءات التي كان يُتلَذذ بها بسذاجة منذ قرن لم يبق منها اليوم إلاّ الأطلال.

إذنْ كل القوانين مستمدة من التجربة. ولكن التعبير عنها يحتاج إلى لغة خاصة ما دامت اللغة العادية فقيرة جداً وغامضة، أي غير قادرة على التعبير عن علاقات جد رهيفة، جد غنية، وجد دقيقة. وهذا إذنْ سبب أول يجعل الفزيائي عاجزاً عن الاستغناء عن الرياضيات: إنها تمده باللغة الوحيدة التي يمكن أن يتكلم. واللغة الجيدة ليست مسألة بلا أهمية. ولكي لانخرج عن مجال الفزياء نقول: إن الرجل المجهول الذي خلق لفظ الحرارة قد دفع بأجيال إلى الخطأ. فلقد عوملت الحرارة كجوهر لمجرد أنه أشير إليها باسم، فاعتقد أنها غير قابلة للتلف. وعلى العكس من ذلك فإن الذي خلق لفظ الكهرباء قد حظي بحظ غير مستحق إذْ منح الفزياء بطريقة ضمنية قانوناً جديداً هو قانون حفظ الكهرباء الذي تأكدت صحته، بمحض الصدفة، حتى الأن على الأقل.

إذنْ، ومن أجل متابعة نفس المقارنة، نقول: إن الكتّاب الذين يقومون بتجميل اللغة والذين يتعاملون معها كتحفة فنية يجعلون منها في نفس الوقت أداة أكثر ليونة وأكثر قدرة على التعبير عن دقائق الفكر.

عندئذٍ نفهم كيف يشارك الرياضي الذي يسعى إلى هدف جمالي محض، ومن هذا السبيل نفسه، في خلق لغة أكثر قدرة على إرضاء الفزيائي. وليس هذا وحده ما يقدمه، فالقانون يخرج من التجربة، ولكنه لا يخرج منها فورا. التجربة فردية والقانون الذي يُستخرج منها قانون عام. والتجربة تقريبية والقانون دقيق أو هذا على الأقل ما يدّعيه. التجربة تجري دائما في ظروف معقدة والتعبير عن القانون يستبعد تلك التعقيدات. وهذا ما يُسمى «بتصحيح الأخطاء المنهجية». باختصار، إن استخواج القانون من التجربة يقتضي التعميم. وتلك ظاهرة تفرض نفسها على أكثر الملاحظين حذراً. فكيف نعمم؟

من البدهي أن كل حقيقة خاصة يمكن أن تُوسّع بما لايحصى من الطرق.

ومن بين هذه الطرق العديدة المفتوحة أمامنا يجب أن نقوم باختيار، ولو باختيار مؤقت، فما الذي يوجهنا في هذا الاختيار؟

إنها ولاشك المماثلة. إلّا أن هذه الكلمة غامضة! والانسان البدائي لايعرف سوى المماثلات البدائية، تلك التي تصدم حواسه، مماثلات الألوان أو الأصوات. ولم يكن ليخطر بباله مثلاً أن يقوم بتقريب الضوء من الحرارة المشعة. فما الذي علّمنا أن نعرف المماثلات الحقيقية العميقة، تلك التي لاتراها العين ويكشف عنها العقل؟ إنه التفكير الرياضي الذي يزدري المادة ولايهتم إلّا بالصورة الخالصة. إنه هو الذي علمنا أن نجمع تحت إسم واحد كائنات لاتختلف سوى في مادتها، وهو الذي علّمنا مثلاً أن نعطي إسمًا واحداً لضرب الرباعيات وضرب الأعداد الصحيحة.

وهذه الرباعيات لو أنها لم تُستعمل بنشاط من طرف الفزيائيين الإنجليز لرأى فيها الكثيرون مجرد حلم يقظة عديم الفائدة، رغم أنها، بتعليمنا التقريب بين ما تفرِّقه الظواهر، تكون قد جعلتنا أكثر قدرة على استكناه أسرار الطبيعة. هذه هي الخدمات التي ينبغي أن ينتظرها الفزيائي من الرياضي. ولكن هذا العلم لكي يقدمها إليه يجب أن يُدرس بأوسع الطرق ومن غير اهتمامات فورية بالمنفعة، يجب أن يكون الرياضي قد اشتغل كفنان. إن المطلوب منه هو أن يساعدنا على الإبصار، على تمييز طريقنا داخل التيه الذي يواجهنا. إلّا أن الذي يبصر أحسن هو الذي يرتفع أكثر.

الأمثلة عديدة وسأكتفي منها بالأهم.

المثال الأول يظهر لنا كيف أنه يكفي تغيير لغة لإدراك تعميمات لم تكن لتخطر لنا في البال قبل ذلك. فعندما حلّ قانون نيوتن محل قانون كبلر لم نكن نعرف غير الحركة الإهليلجية. إلّا أنه، بخصوص هذه الحركة، لم يكن القانونان يختلفان إلّا في الصيغة، إذْ نمر من أحدهما إلى الآخر بمجرد مفاضلة بسيطة. ومع ذلك فإننا من قانون نيوتن يمكن أن نستنبط بتعميم فوري كل نتائج الاضطرابات وكل الميكانيكا السماوية. ولم يكن قط من الممكن لو أنّا احتفظنا بصيغة كبلر أن نعتبر مدارات الكواكب المضطربة ـ هذه المنحنيات المعقدة التي لم يضع أحد بعد معادلاتها ـ كتعميمات طبيعية للإهليلجي، ولم يكن تراكم الملاحظات ليفعل أكثر من الإيمان بالفوضى.

المثال الثاني يستحق التأمل بدوره. إن مكسويل عندما بدأ أبحاثه كانت قوانين الديناميكا الكهربائية المقبولة آنذاك تفسّر له كل الحوادث، ولم تبطلها تجربة جديدة. ولكن، بالنظر إليها من زاوية جديدة توصل مكسويل إلى أن المعادلات تصبح أكثر تناظراً عندما نضيف إليها حداً. ووجد، من جهة أخرى، أن ذلك الحد صغير جداً، بحيث أنه لايعطي نتائج ذات قيمة بواسطة الطرق القديمة. ونحن نعرف أن نظريات مكسويل القَبْلية قد احتاجت إلى انتظار عشرين سنة كي تجد لها تأكيداً تجريبياً، أو، إذا شئتم، إن مكسويل قد سبق التجربة بعشرين عاما. كيف تمّ هذا الانتصار؟

لقد كان مكسويل مشبعاً جدا بالشعور بالتناظر الرياضي، فهل كان يمكن أن يكون كذلك لو لم يبحث آخرون قبله هذا التناظر لمجرد جماله الخاص؟ لقد كان مكسويل متعوداً على «التفكير بواسطة الموجهات». ومع ذلك فإن الموجهات لم تدخل في التحليل إلاّ بفضل نظرية الأعداد التخيلية، والذين خلقوا الأعداد التخيلية لم يكونوا يشكون في الفائدة التي قد نجنيها منها في دراستنا للعالم. ولا أدل على ذلك من الاسم الذي أعطوه لها.

باختصار، قد لايكون مكسويل رياضياً تحليليا حاذقا، لكن هذا الحذق لم يكن ليكون بالنسبة إليه سوى زاد غير نافع وعائق، غير أنه كان يملك شعوراً داخليا، من الدرجة الممتازة، بالمماثلات الرياضية لذلك أعطى فزياء رياضية جيدة.

ومثال مكسويل يعلّمنا شيئاً آخر: كيف نتعامل مع معادلات الفزياء الرياضية، هل نكتفي بأن نستنبط منها كل النتائج وبأن ننظر إليها كوقائع مقدسة أو كوقائع غير قابلة للدحض؟ كلا، إن أهم ما ينبغي أن تعلمنا هو ما الذي نقدر على تغييره فيها، وما الذي يجب تغييره فيها. بهذه الطريقة يمكن أن نستخرج منها شيئاً نافعاً.

المثال الثالث سيبين لنا كيف نستطيع إدراك مماثلات رياضية بين ظواهر ليس بينها، في الواقع الفزيائي، أية علاقة ظاهرية أو واقعية وبحيث تساعدنا قوانين كل واحدة من تلك الظواهر على التنبؤ بقوانين أخرى.

إن نفس المعادلة، معادلة لابلاس، نجدها في نظرية التجاذب النيوتنية، وفي نظرية حركة السوائل، وفي نظرية الكمون الكهربائي وفي المغناطيسية، وانتشار

الحرارة، وفي العديد من النظريات الأخرى، فماذا ينتج عن هذا؟

تبدو هذه النظريات كصور ينسخ بعضها البعض نسخاً طبق الأصل. إنها تضيء بعضها البعض بتبادل لغاتها، فاسألوا الكهربائيين عما إذا لم يكونوا سعداء بإبداع اصطلاح فيض القوة الموحى به من طرف حركيات السوائل ونظرية الحرارة.

وهكذا فإن المماثلات الرياضية لاتجعلنا فقط نحدس المماثلات الفزيائية، ولكنها لاتكفّ عن أن تكون نافعة حين نعدم هذه الأخيرة.

باختصار، إن هدف الفزياء الرياضية لايكمن فقط في تسهيلها، بالنسبة للفزيائي، حساب بعض الثوابت، أو في دمج بعض المعادلات التفاضلية وإنما، كذلك، وقبل كل شيء، في جعله يعرف نظام الأشياء المختفي، وذلك بجعله ينظر من زاوية جديدة. ومن بين كل أجزاء التحليل، فإن الأكثر سمواً منها، والخالصة أكثر، إذا صحّ التعبير، هي التي ستكون الأكثر خصوبة بين يدي مَنْ يعرف كيف يستعملها.

- III -

لنر الآن ما تدين به الرياضيات للفزياء: لايستطيع أن ينسى تأثير الرغبة في معرفة الطبيعة، لايستطيع أن ينسى هذا التأثير الثابت جداً والقوي جداً في تطور الرياضيات، إلاّ مَنْ نسي تاريخ العلم.

ونحن نجد، قبل كل شيء، عالم الفزياء يطرح علينا مشاكل ينتظر منا أن نجد لها حلاً. غير أنّا إذا توصلّنا إلى حلها فإنه يكون قد أدّى غالباً واجب أتعابنا لمجرد أنه اقترح علينا تلك المشاكل، وإذا سُمِح لي بمتابعة المقارنة بالفنون الجميلة فإني سأقول إن الرياضي المحض الذي قد ينسى وجود العالم الخارجي سيكون مثل رسام يعرف كيف يمزج بتوافق بين الألوان والأشكال، ولكنه يفتقر إلى الطرز. إن قدرته الابداعية بدورها لن تلبث أن تنضب. فالتركيبات التي لايمكن أن تقبلها الأعداد والرموز تركيبات غير محدودة. كيف نختار إذن ما يستحق الاهتمام داخل هذه اللانهاية؟

هل نترك العنان لنزواتنا لتفعل بنا ما تشاء؟ إن هذه النزوات لن تلبث

بدورها أن تتعب وستقودنا ولاشك بعيداً عن بعضنا البعض بحيث نكفّ في الحين عن التفاهم فيما بيننا.

غير أن هذا ليس سوى الجانب الصغير من المسألة: إن الفزياء تمنعنا ولاشك من أن نتيه، ولكنها تقينا أيضاً من خطر مريع أكثر، أي تحفظنا من أن نسقط باستمرار في الحلقة المفرغة، والتاريخ يشهد على هذا: الفزياء لم تلزمنا فقط بالاختيار بين مشاكل تطرح نفسها بالجملة، لقد فرضت علينا كذلك مشاكل لم نكن لنفكر فيها لولاها. مهما بلغ خيال الإنسان من الغنى فإن الطبيعة تبقى أغنى منه بمقدار ألف مرة. ولكي نتبعها يجب أن نأخذ سبلاً قد أهملناها، سبلاً تقودنا غالباً إلى قمم من فوقها نكتشف مناظر جديدة. فهل يوجد ماهو أنفع من هذا؟

ما يصحّ بالنسبة للوقائع الفزيائية يصحّ كذلك بالنسبة للرموز: بمقارنة الجوانب المختلفة للأشياء نستطيع فهم توافقها الخاص، هذا التوافق الذي هو وحده الجميل، ويستحق بالتالي كدّنا.

أول مثال سأذكره مثال قديم جداً بحيث نميل إلى نسيانه مع أنه أهم الأمثلة على الإطلاق. إن الموضوع الطبيعي الوحيد الذي تدرسه الرياضيات هو العدد الصحيح. فالعالم الخارجي هو الذي فرض علينا المتصل، هذا المتصل الذي خلقناه نحن، ما في ذلك شك، ولكن العالم الخارجي هو الذي ألزمنا بخلقه، بدونه ما كان سيوجد التحليل التفاضلي التكاملي، وكل الرياضيات كانت ستبقى محصورة في إطار الحساب أو في نظرية الإبدالات. بل، لقد خصصنا لدراسة المتصل، تقريباً كل وقتنا، وكل كدّنا، فمَنْ يأسف على ذلك، مَنْ سيقول إن ذلك الوقت وهذا الكد كانا ضائعين؟

إن التحليل يعرض أمامنا إمكانيات لانهائية ولايمكن أن تخطر لنا ببال في الحساب. إنه يعرض أمامنا دفعة واحدة مجموعة عظيمة ذات ترتيب بسيط ومتناسق. أمّا في نظرية الأعداد، حيث يسود اللامتوقّع فإن العين مضطرة، إذا صحّ التعبير، إلى أن تتوقف عند كل خطوة. سيُقال ولاشك إنه خارج مجال العدد الصحيح لاتوجد دقة، وبالتالي لاوجود للحقيقة الرياضية، إن العدد يختفي في كل شيء، وإنه يجب أن نسعى إلى فك الحُجُب التي تخفيه، ولو اقتضى الأمر الخضوع لتكرارات عديدة. فلنكنْ أقل صفائية ولنعترف للمتصل بفضله، فإنه إذا كان كل شيء يخرج من العدد الصحيح، فبفضله وحده يمكن إخراج كل هذا القدر. وهل

أنا في حاجة، والحالة هذه، إلى الإشارة إلى أن السيد هرميت قد حقق فائدة مدهشة بإدخال المتغيرات المتصلة في نظرية الأعداد؟ بهذا يكون المجال الخاص للعدد الصحيح قد تمّ اكتساحه، ويكون هذا الاكتساح قد أدخل النظام حيث كانت تسود الفوضى. هذا ما ندين به للمتصل، للطبيعة الفزيائية. ومتالية فوريه أداة ثمينة تُستعمل بصفة دائمة في الرياضيات إذْ بواسطتها أمكن تمثيل دوال منفصلة. ولكن فوريه قد ابتدعها ليحل مشكلاً فزيائياً متعلقا بانتشار الحرارة. ولو لم يطرح هذا المشكل طبيعياً لما جرؤ أحد على رد الاعتبار للمنفصل، كنا سنستمر في اعتبار الدوال المتصلة الدوال الوحيدة الحقيقية.

بهذا تمّ توسيع مفهوم الدالّة توسيعاً كبيراً وقام بعض الرياضيين المناطقة بتطويرات لم تكن في الحساب. لقد غامر هؤلاء الرياضيون بالدخول في مناطق يسودها التجريد الخالص، وابتعدوا قدرما استطاعوا عن العالم الواقعي. ولكن الذي أتاح لهم هذه الفرصة كان مشكلاً فزيائياً.

بعد متالية فوريه دخلت متاليات أخرى إلى مجال التحليل، ومن نفس الباب، أي تمّ تصورها من أجل تطبيقاتها. وكان لنظرية المعادلات ذات المشتقات الجزئية وذات الدرجة الثانية تاريخ مماثل إذْ تطوّرت من أجل الفزياء وبواسطة الفزياء. إلاّ أنها يمكن أن تأخذ أشكالا متعددة لأن معادلة مثلها لاتكفي لتحديد الدالّة المجهولة، إذْ لابدّ من الاستعانة بشروط إضافية تُسمى شروط النهايات con-dihoirs swx limites. وعن هذا نتجت عدة مشاكل مختلفة. ولو خضع الرياضيون لنزعاتهم الطبيعية لما عرفنا من تلك المشاكل إلاّ واحداً هو ذلك الذي عالجته السيدة كوالفسكي في بحثها الشهير، كان سيبقى عدد آخر مجهولا، فكل نظرية من النظريات الفزيائية، نظرية الكهرباء، نظرية الحرارة، تظهر لنا تلك المعادلات في وجه جديد، ويمكن أن نقول إذنْ إنه بدونها ما كان لنا أن نعرف المعادلات ذات المشتقات الجزئية.

لا فائدة من تعداد الأمثلة، فما ذكرته يكفي لكي أختم: إن علماء الفزياء عندما يطلبون منا حلاً لمشكل لايكلفوننا بسخرة، وإنما نحن الذين ندين لهم بالشكر في هذه الحالة.

- IV -

ليس ذلك فحسب، فالفزياء لاتمنحنا فقط مناسبة لحل بعض المشاكل، إنها

تساعدنا كذلك على إيجاد الوسائل، وذلك بطريقتين: إنها تجعلنا نتوقع الحل، وتوحي لنا بالبراهين. ولقد تحدثت سابقا عن معادلة لابلاس التي نجدها في عدد من النظريات الفزيائية البعيدة جداً عن بعضها البعض، إننا نجدها في الهندسة، في نظرية التمثيل المطابق، كما نجدها في التحليل المحض، وفي نظرية الاعداد التخيلية. بهذا الشكل يجد الرياضي عند دراسته لدوال المتغيرات المعقدة، إلى جانب الصورة الهندسية التي هي أداته العادية، عدداً من الصور الفزيائية التي يستعملها بنفس النجاح. بفضل هذه الصور يستطيع أن يرى دفعة واحدة مالايستطيع الاستنباط أن يمدّه به إلّا تدريجياً. وبهذا يجمع إذنْ عناصر الحل المشتتة، بواسطة نوع من الحَدْس يتنبأ قبل أن يتمكن من البرهنة.

التنبؤ قبل البرهان! هل أحتاج إلى التذكير بأنه هكذا تُمت أهم الاكتشافات؟ ما أكثر الحقائق التي تسمح لنا المماثلات الفزيائية بتوقعها من غير أن نكون في وضع يسمح بوضعها في برهان دقيق!

وعلى سبيل المثال فإن الفزياء الرياضية قد أدخلت عددا كبيرا من التجديدات بالمتاليات، ولا أحد يشك في أنها تجديدات تتسائل رغم أن اليقين الرياضي غير متوفر بشأنها. تلك إنجازات مضمونة بالنسبة للباحثين الذين سيأتون بعدنا.

لكن الفزياء، من جهة أخرى، لاتمدنا فقط بنتائج، إنها بالإضافة إلى ذلك تعطينا إلى حدما البراهين. ويكفيني كحجة التذكير برجوع السيد كلين إلى خواص التيارات الكهربائية بخصوص مسألة متعلقة بامكنة ريمان. صحيح أن البراهين التي من هذا الصنف ليست براهين دقيقة بنفس المعنى الذي يعطيه الرياضي لتلك الكلمة. والسؤال الذي يطرح نفسه بالمناسبة هو: كيف يكون برهان غير كامل الدقة في نظر الرياضي، ولكنه يكفي الفزيائي؟ يبدو أنه لايوجد نوعان من الدقة، وأن الدقة إمّا متوفرة وإمّا غير متوفرة، وأنها حيث لاتوجد لايوجد برهان. تُفهم هذه المفارقة الواضحة بشكل أكبر إذا تذكرنا الشروط التي من خلالها ينطبق العدد على الظواهر الطبيعية. فمن أين تأتي عادة الصعوبات التي تواجهنا أثناء البحث عن الدقة؟

تقريباً، نلتقي دائما بها عندما نريد ان نثبت أن كمية ما تنزع إلى نهاية ما، أو أن دالّة ما هي دالّة متصلة، أو لها مشتقة. غير أن الأعداد التي يقسمها

الفزيائي تجريبياً أعداد لايعرفها إلاّ بشكل تقريبي، ثم إن أية دالّة تختلف دائماً عن دالّة منفصلة وفي نفس الوقت عن دالّة متصلة. إذنْ يمكن للفزيائي أن يفترض إذا شاء أن الدالّة المدروسة دالّة متصلة أو أنها دالّة منفصلة وأن لها مشتقة، وذلك من غير أن يخشى الوقوع في التناقض لامن طرف التجربة الحالية ولا من طرف أية تجربة مقبلة. وعن هذه الحرية تنشأ صعوبات تعوق الرياضي. إن بإمكانه أن يفكر كما لو أن كل الدوال التي تدخل في حساباته دوال تشكل متعددات حدود صحيحة.

وهكذا فإن النظرة التي تكفي في الفزياء ليست هي البرهان المطلوب في الرياضيات. غير أنه ليس معنى هذا أن أحدهما لايساعد على الوصول إلى الآخر. ولقد تمّ من قبل تحويل العديد من النظرات الفزيائية إلى براهين دقيقة، بحيث أن هـذا التحويل قـد أصبح عملية سهلة. والأمثلة على ذلك عديدة. لكني أخشى إنْ ذكرتها أن أتعب القارىء. أرجو أن أكون قد ذكرت ما يكفي للبرهنة على أن الرياضيات الخالصة والفزياء الرياضية يمكن أن تتعاونا من غير أن تقوم أية واحدة منهما للأخرى بأي تنازل، وأنه يجب على كل واحدة منهما أن تُسرّ بكل ما يسمو بالأخرى.

الفصل السادس:

علم الفلك

يجب أن ترى الحكومات والبرلمانات أن علم الفلك هو أكثر العلوم كلفة إذْ أن أبسط الأجهزة تساوي مئات الآلاف من الفرنكات، وكل كسوف يؤدّي إلى اعتمادات إضافية، وهذا كله من أجل نجوم بعيدة جداً وغريبة تماماً عن صراعاتنا الانتخابية التي يُحتمل الاّ تشارك فيها أبداً. يجب أن يكون رجال السياسة عندنا قد حافظوا على بقية من مثالية وعلى إحساس مبهم بما هو عظيم. واعتقد حقاً أنه قد افتُري عليهم. من المفيد إذنْ أن نشجعهم وأن نبين لهم أن ذلك الإحساس لم يخدعهـــم وأنهم ليسوا مغفلين بمثاليتهم تلك.

يمكن أن نتحدث لهم عن الملاحة التي لاينكر أحد أهميتها والتي تحتاج إلى علم الفلك. إلاّ أننا لن نتناول بهذا إلاّ الجانب الصغير من المسألة.

إن علم الفلك نافع لأنه يسمو بنا فوق أنفسنا ذاتها. إنه نافع لأنــه عظيم. إنه نافع لأنه جميل، هذا ما يجب قوله، إن علم الفلك هو الذي يبين لنا كم الإنسان صغير بجسمه وكم هو عظيم بالفكر. ذلك لأن تلك الضخامة الساطعة التي لايوجد فيها جسمه إلاّ كنقطة مظلمة يمكن لذكائه أن يحيط بها كلها وأن يتذوق تناغمها الصامت. هكذا نصل إلى الوعي بقوتنا. وهو أمر لايمكن شراؤه بأغلى الأثمان، فذلك الوعي يجعلنا أكثر قوة.

غير أن الذي أريد توضيحه لكم قبل كل شيء هو كيف سهّل علم الفلك مهمة العلوم الأخرى، الأكثر ربحا مباشرة، إذْ أنه هو الذي منحنا روحاً قادرة على معرفة الطبيعة. هل تتصورون كم كانت الإنسانية ستكون مستضعفة لو أنها، تحت سماء دائمة السحاب مثل سماء جوبتر (المشتري)، قد جهلت بصفة أزلية النجوم؟ هل تعتقدون أنه في عالم مثل هذا كنا سنكون ما نحن؟ أفهم جيداً من هذا أننا تحت تلك القبة المظلمة سنكون محرومين من ضوء الشمس الضروري لعضويات تسكن الأرض. ولكن، إذا شئتم، لنفرض أن تلك السحب متألقة وأنها تنشر ضوءاً لطيفا وثابتا. وما دمنا بصدد الافتراض فإن فرضية إضافية لن تكلفنا أكثر: وبعد، فلأعد إلى سؤالي: هل تعتقدون أننا في عالم كهذا كنا سنكون ما نحن؟ إن النجوم لاترسل إلينا فقط ذلك الضوء المرئي الخشن الذي يصدم عيوننا، وإنما منها يأتي إلينا كذلك ضوء لطيف جدا ينير عقولنا. وهذا ما سأبين مفعوله. إنكم تعرفون ما كانه الإنسان فوق الأرض قبل بضعة آلاف من السنين وتعرفون ما هو الآن. عندما كان الانسان معزولا وأعزل وسط طبيعة يبدو له فيها كل شيء سرا، وعندما كان مشدوهاً أمام كل تظاهرة غير مترقعة لقوى غير متعقلة، عندئذ لم يكن الإنسان قادراً على أن يرى في سلوك الكون شيئاً آخر غير النزوة. كان يردّ كل الظواهر إلى طائفة من العفاريت الغريبة الأطوار والمتشددة، ولكي يؤثر في العالم حاول أن يستميلها بوسائل مماثلة لتلك التي تستعمل في استمالة رعاية وزير أو نائب. وإخفاقاته ذاتها لم تفده مثله في ذلك مثل أي متوسل خائب في عصرنا لاتمنعه خيبته من الاستمرار في التوسل.

نحن اليوم لانتوسل إلى الطبيعة، بل نتحكم فيها لأننا اكتشفنا بعض أسرارها وسنكتشف أسراراً أخرى جديدة. إننا نتحكم فيها بواسطة قوانين لايمكن أن تطعن فيها لأنها قوانينها هي نفسها. ثم إننا لانطلب منها أن تغير هذه القوانين، فنحن أول مَنْ يخضع لها.

ما أعظم هذا التحول الذي عانته نفوسنا لتمر من حالة إلى أخرى! من غير دروس النجوم، وتحت السماء، المكسوة بالسحب دائما، التي افترضتها قبل قليل، هل بالإمكان الاعتقاد في أن هذا التحول كان سيكون ممكنا، أو على الأقل، أمَا كان سيكون أكثر بطئاً؟

قبل كل شيء، إن علم الفلك هو الذي علّمنا أن هناك قوانين. ولقد كان الكلدانيون، وهم أول مَنْ نظر إلى السماء ببعض الانتباه، أول مَنْ لاحظ أن ذلك

الحشد المكون من النقط المضيئة ليس مجرد خليط تائه على غير هدى، وإنما هو جيش منظم، ولاشك أن قوانين هذا النظام لم تتكشف لهم، ولكن المشهد المنتظم لليل المرصّع بالنجوم كان كافيا ليشعرهم بالانتظام. وهذا اكتشاف كبير.

تلك القوانين قد ميّزهـا الواحـد بعد الآخر كل من هبارك وبطليموس وكوبرنيك وكبلر وأخيراً، لا أحتاج إلى التذكير بهذا، فإن نيوتن هو الذي صاغ أقدم وأدق وأبسط وأعم القوانين الطبيعية. وحين نبهنا بواسطة هذا المثال رأينا بشكل أفضل عالمنا الأرضي الصغير، فوجدنا هنا أيضاً تحت الفوضى الظاهرية الانتظام الذي أوصلتنا إليه دراستنا للسماء. هذا العالم بدوره منتظم ويخضع لقوانين ثابتة، لكنها قوانين أكثر تعقيداً وفي صراع ظاهر فيما بينها، بحيث لاترى فيها العين، غير المتعودة على مشاهد أخرى، سوى الفوضى وسيطرة الصدفة والنزوة. لو لم نعرف النجوم لكانت بعض العقول المبتكرة قد حاولت توقع الظواهر الفزيائية، غير أن إخفاقها كان سيكون متكررا، وما كانت لتثير سوى سخرية العامة، أو لسنا نرى أن علماء الأرصاد في عصرنا يخطئون أحياناً وأن هذا يثير سخرية بعض الناس منهم؟

ما أكثر المرات التي كان علماء الفزياء خلالها سيسقطون في اليأس مصابين بخمود الهمة بفعل إخفاقاتهم العديدة لو لم يشد من عضدهم نموذج النجاح الباهر الذي حققه علماء الفلك. هذا النجاح بينّ لهم أن الطبيعة تخضع لقوانين وما عليهم سوى معرفة هذه القوانين، كما أن المعرفة بالقوانين لاتتطلّب منهم إلاّ الصبر وأن من حقهم على الشكّاك أن يمهلوهم للقيام بهذه المهمة.

ليس هذا وحده هو ما علّمنا علم الفلك، إنه لم يعلمنا فقط أن هناك قوانين لقد علمنا أن هذه القوانين ضرورية ولاتعرف التساهل. كم من الوقت كان سيلزمنا لفهم هذا لـو لم نعرف سوى الأرض حيث تبدو كل قوة أولية في صراع مع بقية القوى؟ لقد علّمنا علم الفلك أن القوانين في غاية الدقة وأنه إذا كانت تلك التي صُغناها تقريبية فلأننا لانعرف القوانين جيداً. ولقد كان أرسطو، وهو أكبر فكر علمي عرفته العصور القديمة، يعطي مكاناً للصدفة، ويبدو أنه كان يعتقد أن قوانين الطبيعة، على الأقل على الأرض، لاتحدد إلاّ الخطوط الكبرى للظواهر. غير أن الدقة المتصاعدة التي عرفتها التوقعات الفلكية قد عملت على دحض هذا الخطأ الذي كان سيجعل الطبيعة غير قابلة للتعقل.

هل هذه القوانين محلية ومتغيرة من مكان إلى آخر كتلك التي وضعها الإنسان؟ هل ما هو حقيقة في مكان ما من الكون، في الأرض مثلا أو في منظومتنا الشمسية الصغيرة، يصير خطأ في مكان آخر من هذا الكون؟ ألا يمكن أن نتساءل عما إذا كانت القوانين التي تتوقف على ا لمكان قوانين تتوقف كذلك على الزمان؟ ألا يمكن أن تكون تلك القوانين مجرد عادات انتقالية، وبالتالي، زائلة؟ علم الفلك هو الذي سيجيب عن هذا السؤال بدوره. فلننظر إلى النجوم المزدوجة، إنها جميعا ترسم مخروطيات. إذن مهما كانت مسافة المكان الذي نراه بالراصدة فإن هذه الآلة لاتصل إلى نهايات المجال الذي يخضع لقانون نيوتن.

بساطة هذا القانون درس لنا، فما أكثر الظواهر المعقَّدة التي يحتويها السطران اللذان تمّ التعبير عنه بواسطتهما! وأولئك الذين لايفهمون الميكانيكا السماوية يمكن ان يتأكدوا من ذلك بالنظر على الأقل إلى ضخامة المؤلفات المخصصة لهذا العلم. إذن من المسموح به أن يعتقد الإنسان أن تعقّد الظواهر الفزيائية يخفي بدوره سبباً بسيطا مازال مجهولا.

علم الفلك هو الذي بينّ لنا إذنْ الخاصيات العامة للقوانين الطبيعية. ومن بين هذه الخاصيات هناك واحدة أكثر دقة وأهمية من الأخريات، لذلك أرجو أن تسمحوا لي بالتوقف عندها قليلا. كيف تمّ فهم الكون من طرف القدماء من أمثال فيثاغوراس وأفلاطون وأرسطو؟ إمّا كنموذج ثابت لايتغير، وإمّا كمثال يسعى العالم إلى الاقتراب منه. وهكذا أيضاً كان يفكر كبلر مثلا عندما أراد أن يعرف إذا كانت لمسافات الكواكب السيارة بالنسبة للشمس أية علاقة مع كثيري الأضلاع المنتظمة الخمسة (الصفاحات الخمسة). لم تكن هذه الفكرة عبثية. لكنها كانت غير ذات فائدة لأن الطبيعة ليست بذاك الشكل.

إن نيوتن هو الذي علّمنا أن القانون ما هو إلّا العلاقة الصورية بين الحالة الراهنة للعالم وبين حالته اللاحقة فورا. وكل القوانين التي اكتُشِفت منذ ذلك لم تكن شيئاً آخر غير هذا. إنها، إجمالاً، معادلات تفاضلية. غير أن علم الفلك هو الذي أعطانا أول طراز، ذلك الطراز الذي بدونه كنا سنتيه طويلا. وعلم الفلك هو الذي علّمنا وبأحسن الطرق كيف ينبغي أن نحترس من المظاهر. إن كوبرنيك عندما برهن على أن ما كنا نعتقده أشد ثباتاً متحرك وأن ما كنا نظنه متحركا ثابت، عندما برهن كوبرنيك على هذا بينّ لنا مقدار الخطأ الذي يمكن أن تكون عليه براهيننا الصبيانية التي تخرج مباشرة من معطيات حسية فورية. أجل، إن هذه

الأفكار لم تنتصر بسهولة، ولكن بعد انتصارها لم يعد هناك أي حكم مسبق متأصل لانقدر على زعزعته. فكيف نقدر قيمة هذا السلاح الجديد الذي حصلنا عليه؟

كان القدماء يعتقدون أن كل شيء قد صنع من أجل الإنسان. ولاشك أن هذا الوهم راسخ بشكل يوجب مقاومته باستمرار، ولابدّ من التخلّص منه وإلاّ صار الانسان مجرد أحسر أبدي غير قادر على رؤية الحقيقة. لابدّ من الخروج من الذات، إذا صح هذا التعبير لفهم الطبيعة، ولابد من تأملها من عدة زوايا مختلفة، لأنه من دون هذا لانستطيع سوى رؤية جانب واحد منها. والحالة هذه، فإنه لايمكن أن يخرج من ذاته ذلك الذي يردّ كل شيء إليها، مَنْ الذي خلّصنا إذن من هذا الوهم؟ إنهم أولئك الذين بيّنوا لنا أن الأرض ليست سوى كوكب صغير من المجموعة الشمسية وأن المجموعة الشمسية نفسها ليست سوى نقطة دقيقة جدا في مجال عالم النجوم اللامتناهية. في الوقت ذاته كان علم الفلك يعلمنا عدم الفزع من الأعداد الكبرى. وهذا شيء ضروري ليس لمعرفة السماء فقط، ولكن كذلك لمعرفة الأرض نفسها. وهو لم يكن أمرا سهلا، على عكس ما يبدو لنا اليوم. فلنحاول الرجوع إلى الوراء ولنتصور كيف كان سيفكر إغريقي يُقال له إن الضوء الأحمر يهتز أربعة مئة مليون مليون مرة في الثانية. لاشك أن مثل هذا القول سيبدو له مجرد حماقة خالصة وسيظل مترفعا عن تمحيصه. أما اليوم فإن أية فرضية لاتظهر لنا بلا معنى لأنها تضطرنا إلى تصور أشياء كبيرة جدا أو صغيرة جدا بالنسبة للأشياء التي تقدر حواسنا على إظهارها لنا، ونحن لم نعد نفهم تلك الأوهام التي كانت تعترض أسلافنا وتمنعهم من اكتشاف بعض الحقائق بسبب أنهم كانوا يخشونها. لماذا؟ لأننا رأينا السماء تكبر، وتكبر باستمرار، ولأننا نعرف أن الشمس تبعد عن الأرض بمقدار مائة وخمسين مليون كلمترا، وأن مسافات النجوم الأكثر قرباً أكبر بمئات آلاف المرات، لأننا تعودنا على تأمل اللامتناهي في الكبر، صرنا قادرين على فهم اللامتناهي في الصغر . إن خيالنا يستطيع النظر إلى الحقيقة، وجهاً لوجه، بفضل تلك التربية التي تلقاها فجعلته كالنسر الذي لاتبهره الشمس.

فهل كنت على خطأ حين قلت إن علم الفلك هو الذي جعل لنا نفسا قادرة على فهم الطبيعة، إنه تحت سماء سديمية دائمًا وبلا نجوم، كانت الأرض نفسها ستكون غير قابلة للتعقل، أبدياً، اننا لم نكن لنرى سوى النزوة والفوضى، اننا، ونحن لانعرف العالم، كنا سنكون غير قادرين على السيطرة عليه؟ فأي علم كان

أكثر فائدة من علم الفلك؟ إنني حين أتحدث بهذا الشكل أنطلق من زاوية أولئك الذين لايعتبرون غير التطبيقات العملية. وبالطبع، فإن وجهة النظر هذه ليست وجهة نظري. فأنا على العكس، إذا كنت أعجب بإنجازات الصناعة فلأنها قبل كل شيء تحررنا من الهموم المادية، ولأنها ستعطينا ذات يوم جميعا بفضل هذا التحرير الفراغ لتأمل الطبيعة. لاأقول: العلم نافع لأنه يعلّمنا كيف نصنع الآلات. بل، أقول: الآلات نافعة لأنها، وهي تعمل مكاننا ستمنحنا، ذات يوم، وقتاً أكبر لتعاطي العلم. غير أنه ليس مما لا معنى له الإشارة إلى أنه لايوجد تناقض بين وجهتي النظر، وأن الإنسان، وهو يسعى نحو هدف مترفع، قد حصل على الباقي كله كفضل. ولا أعرف أين قال أوغست كونت إنه لاطائل من وراء البحث عن معرفة تركيب الشمس لأن هذه المعرفة لن يكون لها أي نفع بالنسبة للسوسيولوجيا. كيف أمكنه أن يكون قصير النظر إلى هذا الحد؟ ألم نر أنه بفضل علم الفلك استطاعت الانسانية أن تمر، حسب لغته، من المرحلة اللاهوتية إلى المرحلة الوضعية؟ هذا أمر قد انتبه إليه لأنه أنجز، ولكن كيف غاب عنه أن ما لم يتم إنجازه بعد لن يكون أقل أهمية ولا أقل فائدة؟ إن علم الفلك الفزيائي الذي يبدو أنه يدينه قد بدأ يعطي ثماره ويعطي ثماراً أخرى لأنه حديث الولادة.

قبل كل شيء، تمت معرفة طبيعة الشمس التي أراد مؤسس الوضعية أن يمنعنا منها، وقد تمّ العثور فيها على أجسام توجد في الأرض وظلّت غير ملحوظة، مثل غاز الهليوم، وهو غاز خفيف مثل الهدروجين. وفي هذا تكذيب أول لوجهة نظر كونت. غير أننا ندين للمطيافية بمعرفة ثمينة بشكل آخر إذ أنها تظهر لنا في النجوم الأكثر بعدا نفس المواد بحيث يصير من الممكن أن نتساءل عما إذا لم تكن العناصر الأرضية ترجع إلى بعض الصدفة التي تكون قد قرّبت بين الذرات الأكثر دقة لتصنع منها ذلك البناء الأكثر تعقيداً الذي يسميه الكيميائيون ذرة، وعما إذا لم تحدث في مناطق أخرى من الكون لقاءات صدفية تكون قد أدّت إلى خلق بناءات مخالفة تماما. نحن نعرف الآن أن لاشيء من هذا بصحيح وأن قوانين كيميائنا قوانين عامة للطبيعة وأنها لا تدين بشيء للصدفة التي جعلتنا نولد فوق الأرض.

غير أنه قد يُقال: إن علم الفلك أعطى للعلوم الأخرى كل ما استطاع وأنه يمكن للسماء أن تحتجب إلى الأبد وبلا خطورة بعد أن منحتنا كل الوسائل التي تسمح لنا بدراسة الطبيعة.

هل نحتاج إلى ردّ هذا الاعتراض بعد كل الذي قلناه؟ كان من الممكن أن

يفكر الإنسان بهذا الشكل في عهد بطليموس. حينذاك أيضا كان يُعتقَد أننا نعرف كل شيء، إلاّ أنه كان كل شيء تقريبا في حاجة إلى أن يُعْرَفَ.

الكواكب مختبرات ضخمة، مذوبات عظيمة وبشكل لايستطيع أن يحلم به أي عالم كيمياء. وفيها تسود درجات حرارة يستحيل علينا تحقيقها. عيبها الوحيد أنها بعيدة قليلا، غير أن الراصدة ستقرِّبها منا وسنرى حينئذ كيف تتصرف المادة فيها. إنها لثروة بالنسبة للفزيائي والكيميائي. فالمادة ستظهر لنا بألف حالة مختلفة، وذلك ابتداءً من الغازات، المخلخلة التي يبدو أنها تشكِّل تلك السدم المشعة بذلك الضوء ذي الأصل الخفي، إلى النجوم المتوهجة والكواكب القريبة منا والمختلفة مع هذا عنا.

ربما علّمتنا النجوم أيضاً شيئا حول الحياة. إن هذا يبدو حلما محالا ولا أعرف قطعاً كيف يمكن أن يتحقق. ولكن، قبل مئة عام، أمَا كان من الممكن أن تظهر كيمياء النجوم بدورها حلما أخرق؟ لنحصر نظرنا في آفاق أقرب، فمازالت لدينا وعود أكثر احتمالاً وأشد إغراءاً. وإذا كان الماضي قد أعطانا الكثير، فإننا على ثقة من أن المستقبل سيعطينا أكثر.

والخلاصة إنه لايمكن أن نقدّر كم كان الإيمان بعلم التنجيم نافعاً للبشرية. فإذا استطاع كبلر وتيكوبراهي أن يظلا على قيد الحياة فلأنهما كانا يبيعان لبعض الملوك السذج تنبؤات مبنية على التقاء النجوم. لو لم يكن هؤلاء الأمراء بمثل هذه السذاجة فلربما كنا قد أُبقينا على الاعتقاد في أن الطبيعة تخضع للنزوة ولكنا قدأوغلنا في الجهالة.

الفصل السابع:

تاريخ الفزياء الرياضية

١ ــ ماضي الفزياء ومستقبلها

ماهي الوضعية الراهنة للفزياء؟ ما هي المشاكل التي تطرحها؟ ما هو مستقبلها؟ هل توجهها يشرف على تعديل؟ هل ستبدو طرقها وهدفها بالنسبة لَمنْ سيخلفنا بعد عشرة أعوام بنفس الشكل الذي تبدو لنا به، أو على العكس، سنلاحظ تحولاً عميقا؟ تلك هي الأسئلة التي نجد أنفسنا مرغمين على طرحها ونحن نبدأ اليوم هذا البحث.

غير أنه إذا كان من السهل طرحها فإن حلها صعب، ورغم أننا نشعر بإغراء مغامرة القيام بتنبؤ فإننا سنقاوم هذا الإغراء بسهولة، وذلك عن طريق التفكير في الحماقات التي كان سينطق بها كبار العلماء لو سئلوا قبل مئة سنة عما سيكونه علم القرن التاسع عشر. كانوا سيظنون أنفسهم جريئين في توقعاتهم، ولكن، كم كنا سنجدهم خجولين! إذن لاتنتظروا مني أية نبوءة. غير أني إذا كنت ككل الأطباء الحذرين أنفر من القيام بتنبؤ، فإني لاأستطيع مع ذلك أن أمنع نفسي عن القيام بتشخيص صغير. أجل، هناك علامات أزمة حقيقية، كما لو كنا على موعد قريب مع تحول غير بعيد. إلاّ أنه لايجب أن نقلق كثيراً، فنحن متأكدون من أن المريض لن يخرج منها ميتا، بل نستطيع الاعتقاد في أن الأزمة أزمة صحية، والتاريخ هنا

ليضمن هذا. فهذه الأزمة ليست أول أزمة في تاريخ العلم ولابدّ لفهمها من تذكر سابقاتها. فاسمحوا لي إذن بتقديم نبذة تاريخية.

٢ ـ فزياء القوى المركزية:

نعرف أن الفزياء الرياضية قد نشأت من الميكانيكا السماوية حيث أفرزتها هذه الأخيرة في نهاية القرن الثامن عشر، أي في الوقت الذي وصلت فيه تمام تطورها. وخلال السنين الأولى من عمره كان هذا الطفل يشبه أمه بشكل واضح جدا.

فالعالَم الفلكي مكوّن من كتل كبيرة جدا، ما في ذلك شك، ولكنها معزولة بواسطة مسافات جد عظيمة بحيث لاتظهر لنا إلّا كنقط مادية. وهذه النقط تتجاذب بالنسبة العكسية لمربع تلك المسافات، وهذه الجاذبية هي القوة الوحيدة التي تؤثر في حركاتها. غير أنه لو كانت حواسنا نفّاذة بما يكفي لإظهار كل تفاصيل الأجسام التي يدرسها الفزيائي لاكتشفنا أن المشهد الذي كنا سنراه لايختلف كثيراً عن ذلك الذي يتأمله الفلكي. هنا أيضاً كنا سنرى نقطا مادية معزولة عن بعضها البعض بواسطة فواصل ضخمة بالنسبة لأبعادها، نقطا مادية ترسم مدارات تتبع قوانين منتظمة. هذه الكواكب اللامتناهية في الصغر هي الذرات. وهذه الذرات تتجاذب أو تتنابذ ككل الكواكب. وهذه الحركة التجاذبية أو التنابذية إنما تتجه حسب المستقيم الذي يربط بينها ولاتتوقف إلّا على المسافة. والقانون الذي تتغير بمقتضاه تلك القوة حسب المسافة قد لايكون قانون نيوتن ولكنه قانون مماثل، فبدل الأس (2-) من المرجّح أن يكون لدينا أس مخالف، إلّا أنه من هذا التغير في الأس يخرج كل التنوع في الظواهر الفزيائية، تنوع الكيفيات والأحاسيس، كل عالم اللون والصوت الذي يحيط بنا، باختصار كل الطبيعة.

ذلك هو التصور الأصلي خالصا. فلم يبق إذن إلّا أن نبحث في مختلف الحالات عن القيمة التي يجب أن نعطيها لذلك الأس لكي نصل إلى التعبير عن كل الحوادث. إنه لعلى هذا الطراز بنى لابلاس نظريته الجميلة حول الشعرية، فهو لم ينظر إليها إلّا كحالة خاصة من الجاذبية، أو، كما يقول، من الجاذبية الكونية ولا أحد يدهش لوجودها وسط أحد مجلدات الميكانيكا السماوية الخمسة. وحديثاً جدا اعتقد بريو أنه قد فكّ آخر أسرار البصريات عندما برهن على أن ذرات الأثير تتجاذب بالنسبة العكسية للقوة، السادسة للمسافة. ومكسويل نفسه، ألا يقول إن ذرات الغازات تتدافع بالنسبة العكسية للقوة الخامسة للمسافة؟ إن لدينا الأس (6-) أو (5-) أو (2-)،

ولكنه دائمًا أس.

ومن بين نظريات هذه الفترة لاتوجد إلاّ واحدة تشكّل حالة شاذة. إنها نظرية فورييه حول انتشار الحرارة. هنا أيضاً توجد ذرات تتبادل التأثير من بعيد، يرسل بعضها إلى بعض الحرارة بالتبادل، ولكنها لاتتجاذب، لاتتحرك. من هذه الزاوية ربما كانت نظرية فورييه تبدو لمعاصريه ولفورييه نفسه نظرية غير كاملة ومؤقتة.

هذا التصور ليس خاليا من العظمة، لقد كان مغريا ولم يتخلص منه الكثيرون منا بصفة نهائية، فهم يعرفون أننا لن نصل إلى العناصر النهائية في الأشياء إلاّ بتنظيم الخليط المعقد الذي تمدنا به حواسنا، في أناة وصبر، ويعرفون أنه يجب أن نسير خطوة خطوة من غير أن نهمل أي وسيط، وأن أسلافنا كانوا على خطأ حين أرادوا أن يحرقوا المراحل. ولكنهم يعتقدون أننا عندما نصل إلى تلك العناصر النهائية سنجد فيها كل البساطة العظيمة التي تمتاز بها الميكانيكا السماوية.

وهذا التصور لم يكن عديم النفع. لقد قدم إلينا خدمة لاتقدر بثمن إذْ ساعدنا على تدقيق المفهوم الأساسي للقانون الفزيائي. أوضح ذلك: كيف كان القدماء يفهمون القانون؟ كان في نظرهم توافقاً باطنياً ثابتاً وغير متغير أو كان طرازاً تحاول الطبيعة أن تحاكيه. لم يعد هذا هو القانون بالنسبة لنا. إن القانون هو العلاقة الثابتة بين ظاهرة اليوم وظاهرة الغد، إنه باختصار معادلة تفاضلية. هذا هو الشكل المثالي للقانون الفزيائي، وقد كان قانون نيوتن أول قانون اتخذ هذا الشكل. وإذا كانت أقلمته قد تمّت في الفزياء بعد ذلك فإنما عن طريق محاكاة قانون نيوتن قدر الإمكان، أي عن طريق تقليد الميكانيكا السماوية. وهذه هي الفكرة التي سعيت إلى إبرازها في الفصل السادس.

٣ ــ فزياء المبادىء:

غير أنه جاء يوم لم يعد فيه تصور القوى المركزية تصوراً كافيا فحدثت أولى تلك الأزمات التي حدثتكم عنها منذ قليل، ماذا حدث آنئذ؟

لقد تمّ التخلي عن التعمق في تفاصيل بنية الكون، عن عزل قطع تلك الآلة الضخمة، عن تحليل القوى التي تحركها تحليلا يتناولها الواحدة بعد الأخرى. لقد تمّ الاكتفاء بالاسترشاد ببعض المبادىء العامة التي لها وظيفة مضبوطة هي إعفاؤنا من تلك الدراسة المدققة. كيف؟ لنفرض أمامنا وجود أية آلة لاتظهر لنا منها إلاّ الدواليب الابتدائية والدواليب الختامية، لكن النقل، أي الدواليب الوسيطة التي

تنتقل الحركة بواسطتها من الدواليب الابتدائية إلى الدواليب الختامية محجوبة ولانراها. نحن نجهل ما إذا كان التواصل يتم بواسطة تروس أو بواسطة أحزمة أو سواعد أو أية أجهزة أخرى. هل نقول إنه يستحيل أن نفهم أي شيء من هذه الألة مادام لايُسمَح لنا بتفكيكها؟ تعرفون أن هذا غير صحيح، وأن مبدأ حفظ الطاقة يكفي لجعلنا نضبط أهم نقطة: نلاحظ بسهولة أن العجلة الختامية تدور بسرعة أقل عشر مرات من سرعة دوران العجلة الابتدائية ما دمنا نرى هاتين العجلتين. ونستطيع أن نستنتج من هذا أن مزدوجة ملصقة بالأولى ستحدث توازنا مع مزدوجة أكبر بعشر مرات ملصقة بالثانية. من أجل هذا لسنا في حاجة إلى التعمق في آليات ذلك التوازن ولا إلى معرفة الكيفية التي بواسطتها تعوض القوى بعضها البعض بواسطتها داخل الألة. وذلك كافٍ للتأكد من أن هذا التعويض لايمكن أن يتم.

مبدأ حفظ الطاقة يمكن أن يقوم بنفس الدور فيما يتعلق بالكون. فهذا بدوره آلة أكثر تعقيداً من كل آلات الصناعة، آلة كل أجزائها تقريباً محجوبة جدا، غير أننا عن طريق مراقبة حركة تلك التي يمكن أن نراها منها نستطيع إذا استعنا بنفس المبدأ أن نستنبط نتائج تبقى صحيحة كيفما كانت تفاصيل الأليات المحجوبة التي تحركها. إن مبدأ حفظ الطاقة، أو مبدأ ماير هو بكل تأكيد أهم مبدأ. ولكنه ليس المبدأ الوحيد، هناك مبادىء أخرى باستطاعتنا أن نجني منها نفس الفائدة: مبدأ كارنو أو مبدأ انحلال الطاقة، مبدأ نيوتن أو مبدأ تساوي الفعل ورد الفعل، مبدأ النسبية الذي يجب أن تكون القوانين الفزيائية بمقتضاه واحدة سواء بالنسبة لمراقب ثابت أو بالنسبة لمراقب في حالة حركة انتقالية منتظمة بحيث لانملك ولانستطيع أن نملك أية وسيلة نستطيع أن نميز بواسطتها إنْ كنا في حركة مماثلة أو لا، كذلك مبدأ حفظ الكتلة أو مبدأ لافوازييه، وسأضيف مبدأ الحركة الدنيا أو الفعل الأقل. إن تطبيق هذه المبادىء الخمسة أو الستة العامة على مختلف الظواهر الفزيائية يكفي لجعلنا نعرف ما نستطيع أن نعرفه بشأنها. ونظرية الضوء الكهرطيسية عند مكسويل هي بلاريب أحسن مثال لهذه الفزياء الرياضية الجديدة.

ماهو الأثير، كيف تنتظم جزئياته، وهل تتجاذب أو تتنابذ؟ لانعرف أي شيء عن ذلك. ولكنا نعرف أن هذا الوسط ينقل في نفس الوقت الاهتزازات البصرية والاهتزازات الكهربائية، نعرف أن هذا النقل يتم طبقاً للمبادىء العامة للميكانيكا. وهذا يكفي لوضع معادلات المجال الكهرطيسي.

تلك المبادىء هي نتائج تجريبية معممة جدا. غير أنها تبدو كمبادىء تستمد من عموميتها نفسها درجة عالية من اليقين. وبالفعل، فإنه بقدر ما تزداد عموميتها بقدر ما تزداد فرص تمحيصها وتصير تحققاتها، بتعددها وتنوع الأشكال الأقل توقعا التي تكتسيها، عاملاً لايترك أي مجال للشك فيها.

٤ ــ فائدة الفزياء القديمة:

تلك هي المرحلة الثانية من تطور الفزياء، وهي مرحلة لم نخرج منها بعد؛ هل نقول إن المرحلة الأولى كانت عديمة الجدوى، وأن العلم قد ضلّ الطريق مدة خمسين سنة، وأنه لم يبق إلاّ نسيان كل تلك الجهود المتراكمة التي كان تصور فاسد قد حكم عليها مسبقاً بالفشل؟ قطعاً لا، وهل تعتقدون أن المرحلة الثانية كانت ستكون ممكنة بدون المرحلة الأولى؟ إن فرضية القوى المركزية كانت تتضمن كل المبادىء وتفترضها كنتائج ضرورية، إنها تؤدّي إلى حفظ الطاقة وحفظ الكتلة وتساوي الفعل ورد الفعل وإلى قانون الحركة الدنيا أو الفعل الأقل التي تبدو، وهذا صحيح، كمبرهنات لا كحقائق تجريبية، وفي الوقت نفسه في صياغة كانت تحمل شيئاً أكثر دقة وأقل عمومية مما هو عليه في الشكل الحالي.

فالفضل يرجع إلى الفزياء الرياضية التي كانت عند آبائنا في خلق الألفة شيئاً فشيئاً بيننا وبين مختلف تلك المبادىء وفي تعويدنا على التعرّف عليها داخل مختلف الثياب التي تلبسها وتستعملها كأقنعة تختفي وراءها. لقد تمّت مقارنتها بمعطيات التجربة وتمّ التوصل إلى الكيفية التي كان يجب أن تعدل بواسطتها لتتكيف مع تلك المعطيات. وبهذا تم توسيعها وتوطيدها. وهكذا توصلنا إلى النظر إليها كحقائق تجريبية، حينئذ صارت نظرية القوى المركزية غير ذات جدوى أو، على الأصح، عائقاً، لأنها كانت تشرك المبادىء في طابعها الافتراضي. إذن الأطر لم تتكسر لأنها كانت مطاطية، ولكنها توسعت. وآباؤنا الذين وضعوها لم يشتغلوا بدون جدوى. فنحن نتعرّف في علم اليوم على الخطوط العريضة للمجمل الذي سبق أن رسموه.

الفصل الثامن:

الأزمة الحالية في الفيزياء الرياضية

١ ـ الأزمة الجديدة:

هل نحن على وشك الدخول في مرحلة ثالثة؟ هل نحن على أبواب أزمة ثانية؟ هل ستنهار أيضاً تلك المبادىء التي بنينا عليها كل شيء؟ منذ مدة أصبح من الممكن أن نتساءل عن ذلك.

وأنا أتكلم هكذا لاشك أنكم تفكرون في الراديوم الذي أحدث ثورة في الأزمنة الراهنة. بالفعل، سأعود إليه بعد قليل، لكن هناك أشياء أخرى. وليس مبدأ حفظ الطاقة وحده موضوع الخلاف، فكل المبادىء الأخرى أصبحت مهددة، كما سنرى ونحن نستعرضها واحداً واحداً.

أ ـ مبدأ كارنو:

لنبدأ بهذا المبدأ. إنه المبدأ الوحيد الذي لايظهر كنتيجة مباشرة لفرضية القوى المركزية. وأكثر من هذا إنه يبدو في تناقض مباشر معها أو، على الأقل، لايمكن التوفيق بينهما بدون بعض الجهد.

فإذا كانت الظواهر الفيزيائية متوقفة فقط على حركات الذرات التي لاتتوقف الجاذبية المتبادلة بينها إلاّ على المسافة، إذا كان ذلك فإن كل الظواهر يجب أن تكون

غير قابلة للقلب. فإذا كانت كل السرعات الابتدائية مقلوبة، فإن هذه الذرات الخاضعة دائمًا لنفس القوى يجب أن تقطع مساراتها في الاتجاه العكسي، والأرض كذلك سترسم في الاتجاه العكسي نفس المدار الإهليلجي الذي ترسمه في الاتجاه المباشر. ذلك إذا كانت الشروط الابتدائية لحركتها مقلوبة. وعلى هذا، فإذا كانت ظاهرة فزيائية ممكنة، فإن الظاهرة العكسية يجب أن تكون بدورها ممكنة، ويجب أن نقدر على صعود مجرى الزمان ثانية. غير أن الأمر ليس هكذا في الطبيعة. وهذا بالضبط ما يعلمنا إياه مبدأ كارنو: الحرارة يمكن أن تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، ولكن يستحيل أن نجعلها بَعْدَ ذلك تأخذ الطريق العكسي، وأن نعيد فروقاً حرارية مسحت، ومن الممكن أن تَنْحَلَّ الحركة بأكملها وتتحول إلى حرارة عن طريق الاحتكاك إلاّ أنه يستحيل التحويل العكسي، لايمكن أن يتم سوى بطريقة جزئية. ولقد سُعِيَ إلى إيجاد صيغة توفيق لهذا التناقض الظاهر: إذا كان العالم يتجه نحو التماثل، فليس ذلك لأن أجزاءه النهائية التي كانت مختلفة في البداية تتجه شيئاً فشيئاً نحو أن تصير قليلة الاختلاف، وإنما، لأن تلك العناصر، وهي تنتقل عن طريق الصدفة، تنتهي إلى الامتزاج. بالنسبة لعين قادرة على تمييز كل العناصر سيبقى الاختلاف واحدا، أي هو هو: كل حبة من ذلك الغبار ستحتفظ بأصالتها ولاتتشكل على هيأة جاراتها. ولكن، لأن الخليط يصير أكثر صميمية، فإن حواسنا البدائية لاترى سوى التماثل. وهذا هو السبب في أن الحرارات مثلاً تتجه إلى أن تتعدل من غير أن يكون الرجوع إلى الوراء ممكناً.

إذا سقطت نقطة خمر في كوب مملوء بالماء فإن السائل، كيفما كان قانون حركته الداخلية، لايلبث أن يأخذ لوناً وردياً منتظما. انطلاقاً من هذه اللحظة فإننا سنحرك الماء بلا جدوى لأن الخمر والماء يبدوان غير قابلين للعزل. وهكذا يكون نموذج الظاهرة الفزيائية غير القابلة للقلب كالتالي: من السهل أن نخفي حبة شعير داخل ركام من القمح، ولكنه من المستحيل أن نجدها وأن نعزلها بعد ذلك. كل هذا قد فسّره كل من مكسويل وبولتزمان. ولكن الذي رآه بشكل أفضل، في كتاب قليل التداول، لأنه صعب قليلا، هو جيبس، وذلك في مبادئه الخاصة بالميكانيكا الاحصائية (الستاتستيكية).

بالنسبة للذين ينطلقون من هذه الزاوية ليس مبدأ كارنو سوى مبدأ ناقص يشكّل نوعاً من التنازل لصالح قصور حواسنا: إننا لانستطيع أن نميز عناصر الخليط

لأن حواسنا بدائية، ونحن لانستطيع القيام بعزل تلك العناصر لأن أيدينا بدائية جدا. غير أن شيطان مكسويل الخيالي الذي يعرف كيف يعزل الجزئيات الواحدة بعد الأخرى، بإمكانه أن يجعل العالم يعود إلى الوراء.

هل يستطيع العالم أن يعود إلى الوراء تلقائياً؟ هذا ليس مستحيلا. كل ما في الأمر أنه ضئيل الاحتمال ضآلة لامتناهية. وقد ننتظر طويلا تدخل الظروف التي تسمح بالعودة إلى الوراء. ولكن هذه الظروف ستتحقق عاجلا أو آجلا، أي بعد سنوات نحتاج إلى ملايين الأرقام لكتابة عددها. إلّا أن هذه التحفظات بقيت نظرية ولم تكن كثيرة الازعاج بالنسبة لمبدأ كارنو، فاحتفظ هذا المبدأ بكل قيمته العلمية. وفجأة يتغير المشهد. لقد لاحظ عالم البيولوجيا منذ مدة طويلة بواسطة المجهر وفي مستحضرات الحركات المضطربة وجود جزيئات صغيرة في حالة تعليق. هذه هي الحركة البراونية. ولقد اعتقد في البداية أن الأمر يتعلق بظاهرة حيوية، ولكنه مالبث أن رأى أن الأجسام غير الحية ترقص بحدّة لاتقل عن تلك التي يمتاز بها رقص الأجسام الأخرى. آنئذ مدّ يده إلى علم الفيزياء. والمؤسف أن علماء الفيزياء قد تجاهلوا هذه المسألة طويلا. لقد كانوا يفكرون بالشكل التالي: إننا نكثف الضوء لإنارة المستحضر المجهري، والضوء لاينفصل عن الحرارة، من هنا اختلاف الحرارة داخل السائل وظهور تيارات داخلية تنتج الحركات المتحدث عنها.

لقد خطرت لِـغويي فكرة أن يرى الأمر عن قرب فرأى أو ظن انه رأى أن ذلك التفسير غير مقبول وأن الحركات تصير أكثر حيوية كلما كانت الجزئيات أصغر، ولكنها لا تتأثر بنمط الإنارة.

فماذا يجب أن نفهم من هذا إذا كانت تلك الحركات لاتتوقف أو على الأصح تتولّد باستمرار من غير أن تأخذ أي شيء من مصدر طاقة خارجي؟ لاشك أنه لايجب أن نتخلّ عن مبدأ حفظ الطاقة. ولكننا نرى تارة الحركة تتحول إلى حرارة بواسطة الاحتكاك، وتارة أخرى نرى الحرارة تتحول إلى حركة من غير أن يضيع أي شيء ما دامت الحركة تستمر دائما. إن في هذا نقيضاً لمبدأ كارنو. وإذا كان الأمر كذلك فإننا لسنا في حاجة إلى العين النافذة التي يملكها شيطان مكسويل كي نرى العالم يعود إلى الوراء. فالمجهر وحده كافٍ. فالأجسام الكبيرة جدا، تلك التي لها مثلا عشر المليمتر، أجسام تصطدم من كل الجهات بالذرات المتحركة، ولكنها لاتتحرك لأن تلك الاصطدامات متعددة جداً ولأنها تعرف تعويضاً متبادلا حسب ما يقتضيه قانون الصدفة. غير أن الجزيئات الصغرى تتلقى صدمات

أقل جداً بشكل لايسمح بذلك التعويض وبحيث تظل مرتجة باستمرار. وهكذا يصبح أحد مبادئنا في خطر.

ب ــ مبدأ النسبية:

هذا المبدأ لايجد تأكيده في التجربة فحسب، وليس نتيجة ضرورية لفرضية القوى المركزية فقط. ولكنه يفرض نفسه على كل عقل سليم بطريقة لاتقاوم. ورغم هذا فهو مهدد بعنف. فلنفرض جسمين مكهربين. رغم أنهما يبدوان في حالة سكون فهما معاً مجروفان في حركة الأرض. ويخبرنا رولاند أن الشحنة الكهربائية التي توجد في حالة حركة تعادل تيارا. إذن هذان الجسمان المشحونان يعادلان تيارين متوازنين لهما اتجاه واحد وينبغي أن يتجاذبا وبقياس هذه الجاذبية نكون قد قسنا سرعة الأرض، أي سرعتها المطلقة وليس سرعتها بالنسبة للشمس والنجوم الثابتة. أعرف جيداً ما سيُقال: ليست السرعة المطلقة للأرض هي ما نقيس، وإنما سرعتها بالنسبة للأثير. هذا شيء قليل الإقناع، فالمبدأ إذا فهم بهذا الشكل لايمكن أن نجني منه أية فائدة. إنه لن يفيدنا في شيء لأنه لن يتعرض بكل تأكيد لأي تكذيب محتمل. وإذا ما توصّلنا إلى قياس أي شيء فإننا نظل دائمًا أحرارا لنقول إن ما قسناه ليس في سرعته المطلقة، لأنه إذا لم تكن هذه السرعة هي سرعته بالنسبة للأثير فإنها يمكن أن تكون دائمًا سرعته بالنسبة لأي سائل جديد مجهول من تلك التي قد نملأ بها المكان.

أضِفْ إلى هذا أن التجربة قد تكفّلت بتحطيم هذا التأويل الذي أُعطي لمبدأ النسبية لأن كل محاولات قياس سرعة الأرض بالنسبة للأثير قد باءت بالفشل. وهذه المرة كانت الفزياء التجريبية أكثر وفاء للمبادىء من الفزياء الرياضية. لقد كان النظريون مستعدين للتضحية بهذا المبدأ من أجل إدخال الانسجام بين نظراتهم العامة الأخرى. ولكن التجربة تشبثت بتأكيده وبإصرار. ولقد تنوعت الوسائل، وأخيرا دفع ميكلسون بالدقة إلى حدودها النهائية. ولكنها لم تفِ مع ذلك بالمطلوب. و من أجل تفسير هذا الإصرار فإن علماء الرياضيات مضطرون اليوم إلى بذل كل مالديهم من مهارة.

إن المهمة لم تكن سهلة، وإذا كان لورنتز قد نجح فيها فإن ذلك لم يتم لديه إلّا بتكديس الفرضيات. لقد كانت أكثر الأفكار تعبيرا عن تلك المهارة هي فكرة الزمن المحلي. فلنتخيل مراقبين يريدان ضبط ساعتيهما عن طريق علامتين بصريتين. إنهما سيتبادلان الإشارات، ولكنهما يعرفان أن نقل الضوء ليس لَحظياً.

لذلك يتعهدان بجعلها تتقاطع. وعندما تشاهد المحطة (ب) إشارة المحطة (أ) فإن ساعتها لايجب أن تسجل نفس وقت المحطة (أ) عند إرسال الإشارة، ولكن وقت (أ) وقد أضيف إليه ثابت يمثل مدة النقل. ولنفرضْ مثلاً أن المحطة (أ) ترسل إشارتها عندما تكون ساعتها تشير إلى الوقت صفر، وأن المحطة (ب) تتلقاها عندما تكون ساعتها تشير إلى (ت) . إن الساعتين مَضبوطتان بحيث يكون التأخر (ت) مساوياً لمدة النقل. وللتحقق من ذلك فإن المحطة (ب) ترسل بدورها إشارة عندما يكون الوقت فيها صفرا، ويجب أن تتلقاها المحطة (أ) عندما تكون ساعتها تشير إلى (ت). إذا تمّ هذا فإن الساعتين مَضبوطتان. وبالفعل فإنهما تشيران إلى نفس الوقت في اللحظة الفزيائية الواحدة، ولكن شريطة أن تكون المحطتان ثابتتين. أمّا في الحالة المعاكسة فإن مدة النقل لاتكون واحدة في الاتجاهين لأن المحطة (أ) مثلاً تسير أمام الاهتزاز البصري الصادر عن (ب) بينما المحطة (ب) تهرب أمام الاهتزاز الصادر عن (أ). والساعتان المضبوطتان بهذا الشكل لاتسجلان الزمن الحقيقي، ولكنها تسجلان ما يمكن تسميته بالزمن المحلي بحيث تتأخر إحداهما عن الأخرى، غير أن ذلك لايهم ما دمنا لانملك أية وسيلة لإدراكه. فكل الظواهر التي ستحدث مثلاً في (أ) ستكون متأخرة، وستكون كلها متأخرة كذلك لكن المراقب لن ينتبه لهذا لأن ساعته تتأخر بدورها. وهكذا، وكما يريد ذلك مبدأ النسبية، فإنه لن تكون لديه أية وسيلة لمعرفة ما إذا كان في سكون أو في حركة مطلقة.

إلّا أن هذا لايكفي مع الاسف ولابدّ من فرضيات إضافية، لابدّ من قبول أن الاجسام المتحركة تعاني انكماشاً مطرداً من جهة حركتها، إن أحد قطري الأرض مثلا يتقلص بنسبة 200.000.000/1 بعد حركة هذا الكوكب بينما يحتفظ القطر الثاني بطوله العادي. وهكذا يتم تعويض الفروق الأخيرة الصغيرة، ثم إن هناك فرضية القوى. فالقوى مهما كان مصدرها، وسواء في ذلك الجاذبية والانغماط، تنقص بنسبة ما في عالم يخضع لنقل منتظم، أو على الأصح، هذا ما سيحصل بالنسبة للمكونات المتعامدة مع النقل: المكونات المتوازية لاتتغير. ولنرجعْ إلى مثال الجسمين المكهربين. إن هذين الجسمين يتجاذبان في نفس الوقت. فإذا كان كل شيء مجروفا في نقل منتظم فإنهما يساويان تيارين متوازيين لهما اتجاه واحد ويتجاذبان. هذه الجاذبية الإلكتروديناميكية تتحصن ضد الدفع الإلكتروستاتي ومجموع الدفع أقل مما لو كان الجسمان في سكون. ولكننا نحتاج في قياس ذلك

الدفع إلى خلق توازن بواسطة قوة أخرى، إلاّ أن كل تلك القوى الأخرى تنقص بنفس النسبة. إذن فنحن لن ننتبه إلى أي شيء. كل شيء يبدو منظمًا هكذا. ولكن هل زالت كل الشكوك؟ ماذا سيحصل لو أنّا تمكّنا من التواصل بواسطة إشارات غير ضوئية وذات سرعة انتشار مخالفة لتلك التي للضوء؟ إننا عندما نضبط الساعتين بالطريقة البصرية ونريد أن نتحقق من الضبط بواسطة تلك الإشارات الجديدة سنلاحظ وجود اختلافات توضح النقل المشترك بالنسبة للمحطتين. هل يستحيل تصور مثل هذه الإشارات إذا سلّمنا مع لابلاس بأن الجاذبية الكونية تنتقل بسرعة أكبر بمليون مرة من سرعة الضوء؟

هكذا يكون مبدأ النسبة قد دوفع عنه بشجاعة في المدة الأخيرة. ولكن قوة الدفاع نفسها تبين لنا كم كان الهجوم خطيراً.

ج ـ مبدأ نيوتن:

لنتحدث الآن عن مبدأ نيوتن حول تساوي الفعل ورد الفعل، فهو مبدأ مرتبط أشد الارتباط بالسابق بحيث يبدو أن سقوط أحدهما يجرّ سقوط الآخر. لذلك لاينبغي أن ندهش إذا التقيا هنا أيضاً بنفس الصعوبات. ولقد بينت، من قبل، أن النظريات الحديثة تضحي بهذا المبدأ، فالظواهر الكهربائية، حسب نظرية لورنتز ترجع إلى حركات جزيئات صغيرة، ذات شحنة صغيرة، تُسمى الالكترونات، وهي كائنات تسبح في وسط يُسمى الأثير. وحركات هذه الالكترونات تنتج اضطرابات في الأثير المجاور، فتنتشر هذه الاهتزازات في كل الاتجاهات بسرعة الضوء. وهكذا تتحرك الالكترونات الاخرى بدورها، تلك الموجودة ابتداءً في حالة سكون، عندما يمسّ الاضطراب أجزاء الأثير التي تلامسها. إذن الالكترونات يؤثر بعضها في بعض، ولكن هذا التأثير ليس مباشراً، وإنما يتم بواسطة الأثير، وفي هذه الحالة، هل يمكن أن يوجد تعويض بين الفعل ورد الفعل على الأقل بالنسبة لمراقب لايهتم إلا بحركات المادة، أي بالإلكترونات ويجهل كل شيء عن حركات الأثير، لأنه لايستطيع أن يراه؟ طبعاً، لا، ولو كان التعويض صحيحاً لما أمكن له أن يكون آنياً. فالاضطراب ينتشر حسب سرعة متناهية، وهو إذن لايصل إلى الإلكترون الثاني إلاّ عندما يكون الأول قد دخل في حالة سكون منذ مدة. إن هذا الالكترون الثاني سيعاني إذن تأثير الأول بعد تأخر، ولكنه، بكل تأكيد، في هذه اللحظة، لن يتفاعل معه لأن أي شيء لم يعد يتحرك حول الإلكترون الأول.

تحليل الوقائع سيمكننا من تدقيق أكبر. فلنتخيل مثلا مستثيراً لِـ هرتز كذلك الذي يُستعمل في التلغراف اللاسلكي. إنه يرسل الطاقة في كل اتجاه. غير أنّا يمكن أن نجهّزه بمرآة قطعية مكافئة، كما فعل هرتز مع مستثيراته الصغيرة، من أجل إرسال الطاقة، كل الطاقة، المنتجة المتجهة في اتجاه واحد. ماذا يحدث.

حسب النظرية؟ إن الآلة سترتد إلى الوراء كما لو كانت مدفعا، وكما لو كانت الطاقة التي تقذفها قنبلة. هذا مناقض لمبدأ نيوتن لأن قذيفتنا ليست لها كتلة، فهي طاقة وليست مادة. وهذا ما سيحصل أيضاً بالنسبة لمصباح مجهز بمرآة عاكسة ما دام الضوء ليس شيئاً غير اضطراب في المجال الكهرطيسي. إن هذا المصباح يجب أن يرتدّ إلى الوراء كما لو كان الضوء الذي يرسله قذيفة. فما هي القوة التي تحدث هذا الارتداد إلى الوراء؟ هي ما سُمي بضغط مكسويل-برتولدي، وهي صغيرة جدا، وقد صعب تحديدها بأكثر المشعات دقة. إلّا أنه يكفي أن توجد.

لو أن كل الطاقة الخارجة من المستثير سقطت على مُسْتَقْبِل، فإن هذا الأخير سيتصرف كما لو أنه تلقى صدمة ميكانيكية ستمثل، بمعنى ما، تعويض ارتداد المستثير، سيكون رد الفعل مساويا للفعل، ولكنه لن يكون آنياً: سيتحرك المُستقبِل، ولكن ليس في نفس اللحظة التي يرتدّ فيها المستثير. أمّا إذا انتشرت الطاقة بلا تحديد ومن غير أن تلتقي بمُستقبِل فإن التعويض لن يتم.

هل يمكن أن يُقال إن المكان الذي يفصل المستثير عن المُستقبِل والذي يجب أن يقطعه الاهتزاز لينتقل من الأول الى الثاني ليس مكانا فارغاً، وإنما مملوء، ليس بالأثير وحده، وإنما بالهواء، وربما أيضاً، في الأمكنة البيسارية، بسائل لطيف، ولكن قابل للوزن مع ذلك، وأن هذه المادة تعاني الصدمة كالمُستقبِل حين تصلها الطاقة وترتدّ إلى الوراء بدورها عندما يتركها الاهتزاز؟ إن هذا ينقذ مبدأ نيوتن، ولكنه ليس صحيحا. لو كانت الطاقة تبقى ملتصقة بأي جوهر مادي وهي تنتشر، فإن المادة المتحركة تجرف معها الضوء. غير أن فيزو قد بينّ أن لاشيء من هذا صحيح، على الأقل بالنسبة للهواء. وذلك عين ما أكده ميكلسون ومورلي منذ ذلك. كذلك يمكن أن نفترض أن حركات المادة، بحصر المعنى، تُعوَّض بشكل تام بواسطة حركات الأثير، إلّا أن هذا سيرجعنا إلى نفس الأفكار السابقة.

فالمبدأ العام إذا فُهِم هكذا يمكن أن يفسّر كل شيء، إذ أنه، كيفما كانت الحركات المرئية يمكن أن نتخيل حركات افتراضية تعوضها، ولكنه إذا كان يفسّر

كل شيء، فلأنه لايسمح لنا بتوقع أي شيء. إنه لن يمكننا من الاختيار بين مختلفة الفرضيات الممكنة ما دام يفسّر كل شيء مسبقاً. إنه إذنْ يصبح غير نافع. ثم إن الفرضيات التي يجب الادلاء بها بشأن حركات الأثير ليست مقنعة تمام الإقناع. فإذا كانت الشحنات الكهربائية تتضاعف فإنه يصبح من الطبيعي أن نتصور أن سرعات مختلف ذرات الأثير تتضاعف بدورها، وأنه بالنسبة للتعويض، يجب أن يتضاعف معدل سرعة الأثير أربع مرات.

لهذا كنت أتصور دائماً أن هذه النتائج المترتبة عن النظرية والمناقضة لمبدأ نيوتن ستصبح ذات يوم مهجورة. إلاّ أنها تبدو مؤكدة من طرف التجارب الحديثة المتعلقة بحركات الالكترونات المتحدرة من الراديوم.

د ـ مبدأ لفوازييه

أصل الآن إلى مبدأ لفوازييه حول حفظ الكتل. وهو حقاً ذلك المبدأ الذي يستحيل المساس به من غير المساس بالميكانيكا. بل إن البعض يعتقد أن هذا المبدأ لايبدو صحيحاً إلاّ لأننا لانعتبر في الميكانيكا إلاّ السرعات المعتدلة، غير أنه سيصبح غير صحيح فيما يتعلق بالسرعات المماثلة لسرعة الضوء. ويُعتقَد اليوم أن هذه السرعات قد تمّ تحقيقها، فالأشعة الكاثودية وأشعة الراديوم قد تكون مكوّنة من جزيئات دقيقة جداً أو من إلكترونات تنتقل بسرعات هي ولاشك أقل من سرعة الضوء، غير أنها قد تشكل عشرها أو ثلثها. وهذه الأشعة يمكن أن تخضع لانحراف إمّا بواسطة مجال كهربي وإمّا بواسطة مجال مغناطيسي، ويمكن، عن طريق مقارنة تلك الانحرافات، أن نقيس، في آنٍ واحد، سرعة الالكترونات وكتلتها أو الأصح نسبة كتلتها إلى الشحنة، إلاّ أنه حين اكتشف اقتراب هذه السرعاتْ من سرعة الضوء انتبه إلى أن هناك تصحيحاً ضرورياً ينبغي القيام به. فهذه الجزيئات المكهربة لايمكن أن تنتقل من غير أن تحرك الأثير. إذن لتحريكها يجب التغلّب على قصور مزدوج، قصور الأثير وقصور الجزيء نفسه. وبناء على ذلك فإن الكتلة الإجمالية أو الظاهرة تتركّب من كتلتين: كتلة الجزيء الواقعية أو الميكانيكية والكتلة الإلكترودينامية التي تمثل قصور الأثير.

آنئذٍ أظهرت حسابات أبراهام وتجارب كوفمان أن الكتلة الميكانيكية بحصر المعنى تساوي صفرا وأن كتلة الإلكترونات، أو على الأقل كتلة الإلكترونات السالبة، هي حصراً ذات أصل إلكترودينامي. وهذا ما يضطرنا إلى إعادة تعريف مفهوم الكتلة، فنحن لم نعد قادرين على تمييز الكتلة الميكانيكية والكتلة

الإلكتروديناميـة لأن الأولى ستتلاشى حينئذٍ، فلا توجد كتلة أخرى غير القصور الإلكتروديناميـ. لكن الكتلة في هذه الحالة لن تبقى ثابتة وإنما تزداد مع السرعة، بالإضافة إلى أنها تتوقف عن التوجه، فالجسم الذي نحركه بسرعة كبيرة لن يواجه القوى التي تدفعه إلى الانحراف عن طريقه بنفس القصور الذي يواجه به القوى التي تدفعه إلى الإسراع أو التأخر في سيره.

مازال هناك ملجأ: العناصر النهائية للأجسام هي إلكترونات بعضها ذو شحنة سالبة وبعضها ذو شحنة موجبة، الإلكترونات السالبة ليست لها كتلة، وهذا أمر مفهوم. ولكن الإلكترونات الموجبة، بناءً على القليل الذي نعرفه عنها، تبدو أكبر، وربما كانت، بالإضافة إلى كتلتها الإلكتروديناميـة، ذات كتلة ميكانيكية حقيقية. حينئذ تصير كتلة الجسم الواقعية هي مجموع الكتل الميكانيكية التي لإلكتروناته الموجبة، ما دامت إلكتروناته السالبة غير واردة في الحساب.

وهكذا، فإن الكتلة، إذا عرفت بهذا الشكل، يمكن أن تبقى ثابتة لكن هذا الملجأ مازال بدوره، مع الأسف، بعيدا عنا.

فلنتذكر ما قلناه عن مبدأ النسبية وعن الجهود التي بُذِلت من أجل إنقاذه.

إن الأمر لم يكن يتعلق فقط بإنقاذ مبدأ، ولكن بالنتائج الأكيدة لتجارب ميكلسون. والحالة هذه، وكما قلنا ذلك من قبل، فإن لورنتز، لتحليل هذه النتائج، قد اضطر إلى افتراض أن كل القوى، ومهما كان أصلها، تنقص، بنفس النسبة، في وسط يخضع لنقل منتظم. هذا غير كافٍ، فلا يكفي أن يحدث ذلك بالنسبة للقوى الواقعية، ولابدّ أن يحدث أيضاً بالنسبة لقوى القصور. يجب، كما قال، أن يخضع كل من كتل الجزئيات ومن كتل الإلكترونات الكهرطيسية لنقل من نفس الدرجة. وهكذا يجب أن تتغير الكتل الميكانيكية حسب نفس القوانين التي تتغير بمقتضاها الكتل الإلكتروديناميـة. فهي لايمكن أن تكون إذن ثابتة. إني لاأحتاج إلى تبيان أن سقوط مبدأ لفوازييه يؤدّي إلى سقوط مبدأ نيوتن، إن هذا الأخير يعني أن مركز ثقل منظومة معزولة يتحرك حسب خط مستقيم. ولكن، إذا لم تعد هناك كتلة ثابتة فإن مركز الثقل لم يعد موجوداً، ولانعرف حتى ماهو. لذلك قلت سابقاً إن التجارب المتعلقة بالأشعة الكاثودية قد بدت وكأنها تؤكد شكوك لورنتز بخصوص مبدأ نيوتن. ومن مجموع هذه النتائج، إذا تأكدت، ستخرج ميكانيكا جديدة تماما قد يكون أهم ما يميزها أن أية سرعة لايمكن أن تتجاوز سرعة

الضوء(*) مثلما لايمكن لأية حرارة أن تنزل تحت الصفر المطلق. بالنسبة لمراقب هو نفسه مجروف في نقل لايدركه فإن أية سرعة ظاهرة لايمكن أن تتجاوز سرعة الضوء. وسيكون في هذا تناقض إذا لم نتذكر أن هذا المراقب لايستعمل نفس ساعات مراقب ثابت، وإنما يستعمل ساعات تسجل «الزمن المحلي».

وها نحن أمام مسألة أكتفي الآن بطرحها: إذا لم تكن هناك كتلة، فما مصير مبدأ نيوتن؟ للكتلة مظهران، إنها في ذات الوقت معامل قصور وكتلة جاذبة تتدخل كعامل في جاذبية نيوتن. فإذا كان معامل القصور غير ثابت، هل تستطيع الكتلة أن تكون ثابتة؟ هذا هو السؤال.

د ـ مبدأ ماير:

لقد بقي لنا على الأقل، مبدأ حفظ الطاقة، وهو مبدأ يبدو أكثر صلابة. ولكن، هل أذكركم كيف أزيلت منه الثقة بدوره؟

إن الجميع يذكر هذا الحادث الذي كانت له أكبر الأصداء. فمنذ أعمال بكريل، وخاصة عندما اكتشف كوري وزوجته الراديوم، لوحظ أن كل جسم إشعاعي النشاط يشكل منبع إشعاع لاينضب، ولقد بدت حركته باقية بلا تبدل على مر الشهور والسنوات. وفي هذا مساس بالمبادىء. فقد كانت تلك الإشعاعات طاقة بالفعل، وكانت تخرج من نفس قطعة الراديوم، وتخرج دائما بلاانقطاع لكن هذه الكميات من الطاقة كانت من الضعف بحيث لاتقبل القياس، أو على الأقل، هذا ماكان يُعتقد، لذلك لم تسبب كبير إزعاج. غير أن المشهد ما لبث أن تغير حين انتبه كوري إلى فكرة وضع الراديوم داخل مسعر. آنئذٍ لوحظ أن كمية الطاقة التي تخلق باستمرار كمية كبيرة جدا.

كانت التفسيرات متعددة. غير أنه في مجال مماثل لايمكن القول إن وفرة الخيرات لاتضرّ، لأنه مادام أي تفسير لم ينتصر على التفسيرات الأخرى، فإننا لايمكن أن نصل إلى يقين حول أيّها أحسن. غير أنه منذ مدة أخذ أحد التفسيرات يطغى على الباقي بحيث يبدو من الصواب أن نعتقد أننا نملك مفتاح اللغز.

لقد حاول السير رامسي أن يبين أن الراديوم يتحول، وأنه يختزن ذخيرة

(*) لأن الأجسام ستقوم بقصور متنامي الأسباب التي تحاول دفعها إلى الإسراع في حركتها. وسيصبح هذا القصور لامتناهياً عندما تقترب من سرعة الضوء.

ضخمة من الطاقة، لكنها طاقة يمكن أن تنضب. في هذه الحالة قد تنتج تحولات الراديوم مقدار حرارة مليون مرة أكثر مما تنتجه كل التحولات المعروفة. وسينفذ الراديوم بعد 1250 سنة. هذا وقت قصير. ولكنكم ترون أننا نملك على الأقل من اليقين ما يجعلنا نستقر على هذه النقطة بضع مئات من السنين. وتبقى شكوكنا في انتظار ذلك قائمة.

الفصل التاسع:

مستقبل الفزياء الرياضية

١ ـ المبادىء والتجربة:

ما الذي يبقى قائمًا وسط هذا الركام من الأطلال؟

مازال مبدأ الفعل الأدنى لم يُمَس لحد الآن، ويبدو أن لارمور يعتقد أنه سيستمر طويلا بعد المبادىء الأخرى، فهو بالفعل أكثر غموضاً وأكثر عمومية.

فما هو الموقف الذي يجب أن يتبناه الفزيائي لمواجهة هذا ٱلإِنْدِحَارِ العام الذي تعرفه المبادىء؟ قبل كل شيء، وقبل أن ننفعل كثيراً، يجُدر بنا أن نتساءل عماّ إذا كان هذا الأمر صحيحا. فكل هذه الخروق لانصادفها بالنسبة للمبادىء إلاّ في مجال اللامتناهي في الصغر. لابدّ من المجهر لرؤية الحركة البراونية، والالكترونات خفيفة جدا، والراديوم نادر جدا، ولانملك منه دائمًا إلاّ بعض الملغرامات. ولهذا فإنه من الممكن أن نتساءل: ألا يوجد إلى جانب هذا اللامتناهي في الصغر الذي رأيناه لامتناهٍ أخر في الصغر لانراه وتتم الموازنة بواسطته مع الأول؟ هذه مسألة استباقية يبدو ان التجربة وحدها قادرة على حلها. لن يبقى أمامنا إذنْ إلاّ أن نسلّم المهام إلى علماء التجريب، وفي انتظار أن يحسموا في الأمر يجب ألاّ نهتم بهذه المشاكل المزعجة وأن نستمر في عملنا هادئين كما لو كانت المبادىء مازالت غير

متنازع حولها. وصحيح أنه مازال لدينا الكثير مما ينبغي أن نقوم به من غير الخروج من المجال الذي يمكن أن تطبق فيه بثقة كاملة. مازال لدينا ما نشغل به انفسنا طيلة مدة الشكوك.

٢ ـ دور المحلل أو الرياضي:

ومع ذلك، هل صحيح حقاً أننا لانستطيع أن نقوم بأي شيء لتخليص العلم من تلك الشكوك؟ لابدّ من القول إن الفزياء التجريبية ليست مسؤولة وحدها عن ظهور تلك الشكوك، فلقد ساهمت الفزياء الرياضية من جهتها في هذه العملية بحظ وافر. لقد كان التجريبيون هم مَنْ رأى الراديوم يبعث الطاقة، ولكن النظريين هم الذين بينوا كل المشاكل التي أثارها انتشار الضوء عبر وسط متحرك، ولولا هم لكان من المحتمل ألاّ نتنبه إليها. إذنْ، ومادام الأمر كذلك، فإنهم، إذا كانوا قد قاموا بكل مافي وسعهم لجعلنا في حالة ارتباك، مدعوون إلى مساعدتنا على الخروج منها.

عليهم أن يخضعوا للنقد كل تلك النظرات الجديدة التي أوجزتها منذ قليل أمامكم وألاّ يتخلّوا عن المبادىء إلاّ بعد القيام بمجهود صادق من أجل إنقاذها. فماذا يمكنهم أن يفعلوا في هذا المجال؟ هذا ما سأحاول شرحه.

يجب قبل كل شيء أن نحصل على نظرية أكثر إرضاء حول إلكتروديناميةِ الأجسام المتحركة، فلقد بيّنت بما فيه الكفاية من قبل أن الصعوبات تتراكم هنا على وجه الخصوص. ولقد تمّ تكديس الفرضيات، بلاجدوى، إذْ لايمكن استيفاء كل المبادىء في نفس الوقت، فلم يُتوصّل لحد الآن إلى المحافظة على بعضها إلاّ بالتضحية بالبعض الآخر. غير أن الأمل في الحصول على نتائج مشرفة لم يضع بعد، فلنأخذ نظرية لورنتز ولنقلبها على كل الوجوه ولنعدلها شيئاً فشيئاً، فربما تحل كل المشاكل.

وهكذا ، فبدل افتراض أن الأجسام المتحركة تعاني انكماشاً من جهة حركتها وأن هذا الانكماش واحد كيفما كانت طبيعة تلك الأجسام والقوى التي تخضع لها، بدل هذا، ألا يمكن أن ندلي بفرضية أكثر بساطة وطبيعية؟ يمكن أن نتخيل مثلا أن الأثير هو الذي يتغير عندما يوجد في حركة نسبية بالنسبة للوسط المادي الذي يلجه وأنه عندما يتغير بهذا الشكل يكفّ عن نقل الاضطرابات بنفس السرعة، في كل الاتجاهات، أنه سينقل بسرعة أكبر تلك التي تنتشر موازية

لحركة الوسط، سواء في نفس الاتجاه أو في الاتجاه المعاكس، وأنه ينقل بسرعة أقل تلك التي تنتشر تعامدياً. لن تبقى مساحات الموجات كروية، ولكنها ستصبح إهليلجية، ويمكن أن نستغني عن الانكماش الغريب لكل الأجسام.

إني لا أذكر هذا إلّا كمثال، ذلك أن التعديلات التي من الممكن محاولة القيام بها قابلة بالطبع لما لانهاية له من التنوع.

٣ ـ الزيغ وعلم الفلك:

من الممكن كذلك أن يمدنا علم الفلك في يوم ما بمعطيات حول هذه النقطة، فهو الذي أثار المسألة عندما كشف لنا عن ظاهرة الزيغ الضوئي. ولو أنّا صنعنا نظرية الزيغ بفظاظة لتوصّلنا إلى نتائج طريفة. فمواقع النجوم الظاهرة تختلف عن مواقعها الحقيقية بسبب حركة الأرض، ولأن هذه الحركة متغيرة فإن تلك المواقع الظاهرة تتغير بدورها. إننا لانستطيع أن نعرف الموقع الحقيقي، ولكننا نستطيع أن نلاحظ تغيرات الموقع الظاهري. والملاحظات المتعلقة بالزيغ لاتظهر لنا إذن حركة الأرض، وإنما تغيرات هذه الحركة، ولاتستطيع بالتالي أن تفيدنا بخصوص الحركة المطلقة للأرض.

وعلى الأقل، هذا صحيح من المقاربة الأولى، ولكنه لن يظل كذلك لو أنّا استطعنا أن نقدر أجزاء الألف من الثانية. سنرى حينئذ أن سعة الاهتزاز لاتتوقف فقط على تغير الحركة، وهي حركة معروفة جداً ما دامت حركة كوكبنا في مداره الإهليلجي، وإنما تتوقف على القيمة المتوسطة لتلك الحركة بحيث لايبقى ثابت الزيغ واحداً بالنسبة لجميع النجوم وبحيث تجعلنا الفروق نعرف الحركة المطلقة للأرض في المكان.

سيكون في هذا، وبصيغة أخرى، خراب لمبدأ النسبية، صحيح أننا بعيدون عن تقدير مليم الثانية، ولكن، وعلى كل حال، يقول بعض الناس ربما كانت السرعة المطلقة الإجمالية للأرض أكبر بكثير من سرعتها النسبية بالنسبة للشمس، ولو كانت مثلا 300 كلم في الثانية بدل 30 لكان ذلك كافياً لتصبح الظاهرة قابلة للمراقبة. أظن أننا إذا فكرنا هكذا سنقبل نظرية جد بسيطة للزيغ. ولقد بيّن لنا ميكلسون كما قلت لكم أن الطرق الفيزيائية غير قادرة على توضيح الحركة المطلقة. وأعتقد أن الأمر يصدق على الطرق الفلكية نفسها مهما كانت درجة الدقة التي نصل إليها.

وعلى كل حال، فإن المعطيات التي سيمدنا بها علم الفلك في هذا المجال ستكون معطيات ثمينة بالنسبة للفزيائي. وفي انتظار هذا، أظن أن النظريين الذين يتذكرون تجربة ميكلسون يستطيعون أن يتوقعوا نتيجة سلبية وأنهم سيقومون بعمل نافع عن طريق بناء نظرية زيغ تعبر مسبقا عن ذلك.

٤ ـ الإلكترونات والأطياف:

يمكن تناول ديناميكا الإلكترونات من عدة زوايا، ولكن من بين السبل التي تؤدّي إليها هناك سبيل ظل مهملاً بعض الشيء رغم أنه من السبل التي تعدنا بأكبر عدد من المفاجآت. إن حركات الإلكترونات هي التي تنتج خطوط أطياف الابتعاث. وما يبرهن عن ذلك هو نظرية ريمان.

ففي الجسم المتوهج، ما يهتز يكون سريع التأثر بالمغناطيس. إذنْ فهو مكهرب. هذه نقطة هامة جدا. ولكننا لم نلج إلى أعمق من ذلك، فلماذا توجد خطوط الطيف موزعة حسب قانون منتظم؟ لقد دُرِست هذه القوانين في أدق تفاصيلها من طرف التجريبيين، وهي دقيقة جداً وبسيطة نسبياً. وأول دراسة لتلك التوزيعات تجعلنا نفكر في التوافقيات التي نصادفها في البصريات. غير أن الفرق كبير بينها، ليس فقط في أن أعداد الاهتزازات ليست مضاعفات متوالية لنفس العدد، وإنما لأننا لانجد أي شيء من جذور المعادلات العليا التي يقودنا إليها ذلك العدد الوفير من مشاكل الفزياء الرياضية: مشكل اهتزازات جسم مطاط له أي شكل، مشكل الاهتزازات الهرتزية داخل مستثير له أي شكل، مشكل فورييه بخصوص تبريد جسم صلب.

فالقوانين أكبر بساطة، ولكنها من طبيعة مختلفة. ولكي لانذكر إلاّ مثالا واحدا من تلك الفروق نشير إلى أنه بالنسبة للتوافقيات ذات الدرجة العالية يتجه عدد الاهتزازات نحو حد نهائي بدل أن يتصاعد بلا تحديد.

هذا أمر لم يوضح بعد، وأعتقد أنه يشكّل سرا من أهم أسرار الطبيعة ولقد اقترح أخيراً فزيائي ياباني هو السيد ناغواكا تفسيراً تكون الذرات بمقتضاه مكوّنة من إلكترون كبير موجب محاط بحلقة متكونة من عدد كبير من إلكترونات سالبة صغيرة جدا. وذلك مثل كوكب زحل بحلقته. إنها محاولة في غاية الأهمية. ولكنها ليست تامة الإقناع، ولابدّ من تجديدها وسندخل، إذا جاز التعبير، في قرارة المادة. أمّا من زاوية وجهة النظر الخاصة التي تشغلنا اليوم فسنفهم أكثر ديناميكا

الإلكترونات، وربما يصبح من السهل علينا أن نوفّق بينها وبين المبادىء. ذلك عندما نعرف لماذا تختلف اهتزازات الاجسام المتوهجة عن اهتزازات الاجسام المطاطة العادية ولماذا لاتتصرف الإلكترونات مثل المادة التي تعودنا عليها.

٥ ــ المواضعات أمام التجربة:

لنفرضْ الآن أن كل تلك المجهودات قد باءت بالفشل، وأنا لا أعتقد في هذا، فما الذي يجب القيام به؟ هل يجب البحث عن إصلاح أثلام تلك المبادىء عن طريق التدخل بمساعدتها؟ طبعاً هذا أمر ممكن دائمًا، ولن أسحب ما سبق أن قلته. فلو أردتم أن تتحدوني لقلتم لي معترضين: ألم تقل إن المبادىء رغم أصلها التجريبي قد صارت الآن في منجى من التجربة لأنها صارت مواضعات، واليوم، تقول لنا إن إنجازات التجربة الأكثر حداثة تضع هذه المبادىء في حالة خطر مهدد؟

وبعد؛ لقد كنت على حق سابقاً، ولست اليوم على خطأ، لقد كنت على حق من قبل، وما يحدث اليوم دليل جديد على ذلك. فلنأخذ مثلا التجربة المسعرية التي أجراها كوري على الراديوم، هل يمكن أن نوفّق بينها وبين مبدأ حفظ الطاقة؟ لقد تَمت محاولة هذا الأمر بطرق مختلفة، ولكن هناك طريقة أريد أن أثير انتباهكم إليها، إنها ليست التفسير الذي يتجه اليوم نحو الهيمنة إلاّ أنها واحدة من تلك التي اقتُرِحت. فلقد افترض أن الراديوم لم يكن سوى وسيط، وأنه لايقوم سوى بخزن إشعاعات ذات طبيعة مجهولة، إشعاعات تجوب المكان في كل الاتجاهات، وهي تعبر كل الاجسام إلاّ الراديوم، من غير أن تتغير بواسطة هذا العبور، ومن غير أن تمارس عليها أي فعل. الراديوم وحده يأخذ منها بعض طاقتها ويردّها إلينا بعد ذلك في أشكال متعددة.

ما أكثر نفع هذا التعريف وما أشدّ ملاءمته! إنه أولاً غير قابل للتمحيص، ولذا فهو غير قابل للدحض. ثم إنه يمكن أن يصلح لتوضيح أية مخالفة لمبدأ ماير، إنه يدحض مسبقاً ليس اعتراض كوري فحسب، ولكن كل الاعتراضات التي يمكن أن يكدسها التجريبيون في المستقبل. وهذه الطاقة الجديدة المجهولة يمكن أن تصلح لكل شيء، هذا بالضبط ما قلته، ومنه يتبين أن مبدأنا في منجى من ضربات التجربة.

وبعد، ماذا ربحنا من وراء هذه المساعدة (التي قدمناها للمبدأ)؟ المبدأ سالم، ولكن لأي شيء يمكن أن يصلح بعد هذا؟ إنه سيسمح لنا بأن نتوقع أنه في

هذا الظرف أو ذاك يمكن أن نتكل على هذا القدر من الطاقة الإجمالية. إنه يقيدنا. ولكنا اليوم وقد وضعت تحت تصرفنا هذه الذخيرة اللامحدودة من الطاقة الجديدة لم نعد مقيدين بأي شيء، وكما قلت في «العلم والفرضية»، فإن المبدأ حين لايبقى خصباً تكون التجربة، من غير أن تكذبه مباشرة، قد أدانته مع ذلك.

٦ ـ الفزياء الرياضية مستقبلا:

إذن ليس هذا ما يجب فعله، ولكن يجب أن نعيد البناء من جديد. فلو أنّا استندنا إلى هذه الضرورة لما أمكننا أن نجد العزاء. ولايجب أن نستنتج من ذلك أن العلم لايمكنه أن يقوم إلاّ بعمل بنلوب(*). وأنه لايقدر سوى على رفع بناءات زائلة يجد نفسه بعد ذلك وبسرعة ملزماً بهدمها رأساً على عقب وبيديه نفسها.

وكما قلت لكم، لقد مررنا بأزمة مماثلة. وبيّنت لكم أننا في المرحلة الثانية للفزياء الرياضية، وهي فزياء المبادىء، نجد آثار الأولى، فزياء القوى المركزية، وسيحدث نفس الشيء إذا كان علينا أن نعرف المرحلة الثالثة. وذلك مثل الحيوان الذي يتحرك، ذلك الذي يكسر قوقعته الضيقة جدا ويصنع لنفسه أخرى أكثر شبابا. تحت الغلاف الجديد لهذا الحيوان سنتعرّف بسهولة على الخصائص الجوهرية الباقية من العضوية.

في أي اتجاه سنتوسع؟ إننا لايمكن أن نتنبأ بذلك. فربما كانت النظرية الحركية للغازات هي التي ستتطور أكثر فتشكل طرازا للباقي. حينئذٍ ستكون الحوادث، التي كانت تبدولنا في البداية بسيطة، مجرد محصلات لعدد كبير جدا من الحوادث الأولية التي تجعلها قوانين الصدفة وحدها تسعى إلى هدف واحد. في هذه الحالة سيأخذ القانون الفزيائي مظهراً جديدا، فلن يكون فقط معادلة تفاضلية، وإنما سيأخذ طابع قانون إحصائي.

وربما اضطررنا إلى أن نقوم ببناء ميكانيكا جديدة لم نقم بغير استشفافها، ميكانيكا يتصاعد فيها القصور مع السرعة وتصير فيها سرعة الضوء حداً لايمكن تجاوزه. أمّا الميكانيكا المألوفة، وهي الأكثر بساطة، فقد تبقى مجرد مقاربة أولى، لأنها ستكون صحيحة بالنسبة لسرعات لاتكون كبيرة جدا، بحيث نجد أيضا الديناميكا القديمة تحت الجديدة. ولن يكون لدينا ما يجعلنا نأسف على الاعتقاد في المبادىء، بل، ما دامت السرعات الكبيرة جدا لن تكون أبداً بالنسبة للصيغ القديمة سوى

(*) تحل بالليل ما تخيطه بالنهار (المترجم).

سرعات استثنائية، فإن الأكثر أماناً في الممارسة هو أن نتصرف كما لو كنا لانزال نعتقد في ذلك، وأنها من النفع بحيث يجب أن نحتفظ لها بمكان. أمّا أن نريد التخلّص منها نهائياً، فمعناه أن نحرم أنفسنا من سلاح ثمين. وأبادر إلى القول في الختام إننا لم نصل بعد إلى هذا، وإن لاشيء يدلّ على أنها لن تخرج من المعركة منتصرة وسالمة(*).

(*) هذه التأملات حول الفزياء الرياضية مأخوذة من محاضرة ألقيت (بسان لوي).

القسم الثالث: القيمة الموضوعية للعلم

الفصل العاشر:

هل العلم اصطناعي؟

١ ـ فلسفة السيد لوروا:

تؤدي تلك الأسباب إلى الريب، فهل ندفع بالشك إلى نهايته أم نتوقف قبل ذلك؟ الوصول إلى النهاية هو الحل الأكثر إغراء، الأكثر ملاءمة، وهو الحل الذي اختاره الكثيرون، أولئك الذين يئسوا من إنقاذ أي شيء من الغرق. وعلى رأس هذه النزعة تأتي كتابات السيد لوروا. فهذا المفكر ليس فقط فيلسوفا وكاتبا ذا مقدرة كبيرة، ولكنه اكتسب كذلك معرفة عميقة بالعلوم الحقة والعلوم الفزيائية، بل، وبرهن على استعداد كبير للإبداع في الرياضيات. فلنلخص في كلمات مذهبه الذي أثار مناقشات عديدة:

لايتكون العلم سوى من مواضعات، ومن هذا وحده يستمد يقينه الظاهر. والحوادث العلمية عمل اصطناعي يقوم به العالم ويخلقه، فبالأحرى القوانين. لايستطيع العلم إذن أن يمدنا بأية معرفة عن الحقيقة، فهو لايمكن أن يصلح إلا كقاعدة للعمل.

نتعرف في هذا الكلام على النظرية الفلسفية المعروفة بالإسمية. وهي نظرية ليست خاطئة في كل ما تذهب إليه. ولابد أن نحافظ لها على مجالها الشرعي،

ولكن من غير أن نتركها تخرج منه. إلا أن هناك ما هو أكثر من هذا، فمذهب السيد لوروا ليس إسمياً فحسب، وإنما له طابع لاتعقلي يدين به من غير شك إلى تأثيرات السيد برغسون فالعقل بالنسبة للسيد لوروا يشوه كل شيء يمسه، وهذا صحيح بشكل أكبر على أداته الضرورية: «الخطاب» ولاوجود للعالم الواقعي إلاّ في انطباعاتنا العابرة المتغيرة، وهذا الوجود يذوب بمجرد أن نمسه. ومع ذلك، فإن السيد لوروا ليس لاأدريا. وإذا كان يعتبر العقل عاجزا عجزا لايعوض، فإنما يفعل ذلك ليعطي حيزاً أوسع لمصادر أخرى من مصادر المعرفة، للقلب مثلا للإحساس، للفطرة أو الإيمان.

كيفما كان تقديري لموهبة السيد لوروا. وكيفما كانت براعة تلك الأطروحة، فإني لاأستطيع أن أقبلها بتمامها. صحيح أني أتفق معه في كثير من النقط، بل إنه يسوق فقرات عديدة من كتاباتي لتأكيد نظريته، وأنا لست مستعدا بأي وجه من الوجوه للتجريح في تلك الفقرات. فأنا أظن أني لست ملزما سوى بتفسير لماذا لا استطيع أن أجاريه إلى النهاية. إن السيد لوروا يشتكي غالباً من أنه يتهم بالريب. وهو لايمكن أن يكون إلا كذلك، رغم أن هذا الاتهام باطل على الأرجح. أوَليست كل المظاهر ضده؟ لأنه إسمي بالمذهب وواقعي بالقلب، فهو لايبدو خارج الإسمية المطلقة، إلا باعلان أيمان بائس. ذلك أن الفلسفة اللاتعقلية، حين ترفض التحليل و«الخطاب» تحكم بهذا على نفسها بعدم القابلية للتوصيل، إنها بالضرورة فلسفة باطنية، أو، على الأقل، إن ما يمكن أن يقبل التوصيل فيها هو الإنكارات، فكيف يمكن أن ندهش حين تأخذ شكل اللاأدرية بالنسبة لملاحظ خارجي؟

تلك هي نقطة الضعف في هذه الفلسفة، وإذا أرادت أن تبقى وفية لنفسها فإنها تبدد قوتها في نفي وصرخة حماس. وبإمكان أي مؤلف أن يكرر هذا النفي وهذه الصيحة، أن ينوع شكلهما، ولكن من غير أن يضيف إليهما شيئاً.

بالإضافة إلى ذلك، ألا يكون الصمت أكثر المواقف ملاءمة للمنطق؟ لنر: لقد كتبتم مقالات طويلة، وكان عليكم من أجل ذلك أن تستعملوا اللغة. ومن هنا: ألم تكونوا أكثر «مقالية»، وبالتالي أبعد عن الحياة وعن الحقيقة من الحيوان الذي يحيا فقط ومن غير أن يتفلسف؟ ألن يكون هذا الحيوان هو الفيلسوف الحقيقي؟ ومع ذلك، هل يمكن أن نقول إن أحسن رسم في ألا نرسم، لأن أيّ رسام لم يضع رسما مطابقاً بالتمام؟ إن عالم الحيوانات عندما يقوم بتشريح حيوان

يقوم يقينا بتشويه، في نفس الوقت. إنه بتشريحه يحكم على نفسه بألا يعرف عنه كل شيء، ولكنه بعدم تشريحه يحكم على نفسه بألا يعرف عنه أي شيء مطلقاً، وبالتالي بألا يقول عنه أي شيء.

وصحيح أن للإنسان قوى أخرى غير العقل، ولا أحد بلغ به الحمق إلى حد إنكار ذلك. وهذه القوى العمياء يمكن لأي أحد أن يجعلها تتحرك أو أن يتركها تتصرف، لكن الفيلسوف يجب أن يتحدث عنها. ولكي يتمكن من الحديث عنها فإنه يجب عليه أن يعرف عنها القليل الذي يمكن أن نعرفه عنها. يجب إذن أن يراها تعمل. فكيف؟ وبأية عيون إن لم يكن ذلك بواسطة عقله؟ يمكن للقلب وللفطرة أن يرشداه ولكن، لايمكنهما أن يجعلاه غير ذي جدوى، بإمكانهما أن يقودا النظر إلا أنه، ليس بمقدورهما أن يعوضا العين. ومن الممكن أن نسلم بأن يكون القلب العامل وأن يكون العقل مجرد أداة، ولكن الأداة التي لانستطيع الاستغناء عنها، إن لم يكن في التصرف، فعلى الأقل، في التفلسف. لهذا السبب تستحيل حقاً فلسفة لاتعقلية، وربما وجب أن نختم بالقول بأولوية الفعل، ولكن العقل سيكون دائما هو الذي يستنتج هـذا. إن العقل حين يترك الفعل يمشي أمامه يحفظ بذلك تفوق القصب المفكر. وهنا أيضاً «أولوية» لايجب أن يستهان بها. معذرة على هذه الملاحظات القصيرة، ومعذرة على تقديمها بهذا الشكل السريع، وعلى أني لم افعل سوى المرور مرَّ الكرام على المسألة. فليس الموضوع الذي أريد دراسته هو محاكمة اللاتعقلية: أريد أن أتكلم عن العلم ومن أجل العلم، لاشك في ذلك، وبالتعريف، فإن العلم إما يكون تعقلياً وإما لايكون. وما تجب معرفته بالضبط هو إن كان سيكون.

٢ ـ العلم قاعدة للعمل:

ليس العلم بالنسبة للسيد لوروا سوى قاعدة للعمل. فنحن عاجزون عن معرفة أي شيء ولكنا مجبرون ولابد من أن نتعرف. لذلك وضعنا لأنفسنا قواعد كيفما اتفق. ومجموع هذه القواعد هو ما نسميه العلم.

وهكذا، رغبة في التسلية، أنشأ الإنسان قواعد للألعاب مثل قواعد لعبة النرد التي يمكن لها، أكثر من العلم، أن تعتمد على اتفاق الجميع وهكذا أيضاً، خارج حالة الاختيار، ولكن لأننا مرغمون على الاختيار، نرمي بقطعة نقدية في الهواء لنحصل على الوجه أو القفا. إن قاعدة النرد، بالفعل، قاعدة للعمل، مثل

العلم، ولكن، هل المقارنة صحيحة، ألا يوجد فرق بين القاعدتين؟ إن قواعد اللعب مواصفات اعتباطية، وقد كان من الممكن أن تُعوّض بنقائضها، من غير أن تكون هذه النقائض أقل ملاءمة. وعلى العكس من ذلك، فإن العلم قاعدة عمل ناجحة، على الأقل، عادة، وأضيف: حيث لايمكن أن تنجح القاعدة النقيض. إني عندما أقول: اتركوا الحامض يؤثر على الزنك لتحصلوا على الهيدروجين، أكون قد قمت بصياغة قاعدة ناجحة. كان من الممكن أن أقول صبّوا الماء المقطر على الذهب، وكان سيكون هذا قاعدة أيضاً، ولكنها قاعدة غير ناجحة.

إذن، إذا كانت «للوصفات» العلمية قيمة كقاعدة للعمل، فلاننا نعرف أنها تنجح، على الأقل، عادة، ولكن أن نعرف هذا معناه أننا نعرف شيئاً، فلماذا تقولون لنا إننا لايمكن أن نعرف شيئا؟

العلم يتوقع، لذلك يمكن أن يكون نافعاً، ويصلح كقاعدة للعمل. أعرف جيدا أن هذه التوقعات غالبا ما يكذبها الحدث. هذا يدل على أن العلم غير كامل، وإذا قلت إنه سيظل دائما غير كامل، فإني على يقين من أن هذا التنبؤ، على الأقل، لن يكذب أبدا. فالعالم يخطىء دائما أقل من نبيٍّ يتوقع على أساس من الصدفة المحض. ثم إن التقدم بطيء، ولكنه متصل، بحيث أصبح العلماء أكثر جرأة، ولكن أقل تعرضاً لخيبات الأمل. هذا قليل، ولكنه كاف.

أعرف أن السيد لوروا قال في موضع ما إن العلم يخطىء أكثر مما نظن، أن المذنبات تخدع أحياناً علماء الفلك، إن العلماء، وهم على ما يبدو بشر، لايتكلمون بسرور عن إخفاقاتهم، وإنهم لو تكلموا عنها لكان مقدار الإخفاق أكبر من مقدار النجاح.

عندما فعل هذا كان السيد لوروا قد تجاوز فكرة.. فالعلم إنْ لم يكن ناجحاً لايمكن أن يصلح كقاعدة للعمل. من أين يستمد قيمته في هذه الحالة؟ من كونه معيشاً، أي من كوننا نحبه ونؤمن به؟ لقد كانت للسيميائيين وصفات لصنع الذهب وكانوا يحبونها ويؤمنون بها، ومع ذلك فإن وصفاتنا هي الأحسن، رغم أن اعتقادنا فيها أقل، لأنها وصفات ناجحة.

ليس هناك مهرب من هذا القياس ذي الحدين: إمّا أن العلم لايسمح بالتوقع، وحينئذ لاتكون له أية قيمة كقاعدة للعمل، وإمّا أنه يسمح بالتوقع بطريقة ناقصة، قليلاً أو كثيراً، وحينئذ لايخلو من قيمة كوسيلة للمعرفة. نحن

لانستطيع حتى القول بأن العمل هو هدف العلم، وإلاّ كوسيلة للمعرفة. نحن لانستطيع حتى القول بأن العمل هو هدف العلم، وإلاّ هل يجب أن نـرفض الدراسات المتعلقة بالشعري اليمانية (سيريوس) بحجة أنه من المحتمل ألاّ نمارس أي فعل على هذا الكوكب؟ في نظري أن المعرفة هي الهدف. والعمل هو الوسيلة. وإذا كنت أفتخر بالتطور الصناعي، فليس ذلك لأنه يمد المدافعين عن العلم بحجة سهلة، ولكن، لأنه قبل كل شيء، يمنح العالم الثقة في النفس، ولأنه يفتح له مجالا واسعاً للتجربة، يلتقي فيه بقوى ضخمة، وضخمة جدا بحيث لايحتاج إلى مساعدتها. ولولا هذه «الصابورة» لربما كان سيترك الأرض مأخوذاً بسحر سراب نزعة مدرسية جديدة أو كان سيأس معتقداً أنه لم يقم سوى بحلم.

٣ ـ الحادث الخام والحادث العلمي.

أغرب ما في أطروحة السيد لوروا القول بأن العالم هو الذي يخلق الحادث. هذه هي النقطة الجوهرية في الأطروحة، وواحدة من النقط التي حظيت بالنصيب الأوفر من النقاش. يقول، وأظن هذا تنازلاً من طرفه، قد لايكون العالم هو الذي يخلق الحادث الخام، ولكنه، على الأقل، يخلق الحادث العلمي.

وهذا التمييز بين الحادث الخام والحادث العلمي تمييز لايبدو لي غير شرعي في ذاته. ولكني أشتكي:

أولاً: من أن الفاصل بينهما لم يوضع بطريقة صحيحة ودقيقة.

ثانياً: من أن المؤلف يبدو وكأنه يضمر الاعتقاد بأن الحادث الخام خارج مجال العلم لأنه ليس حادثاً علمياً.

ثالثاً وأخيراً: لا أستطيع أن أقبل القول بأن العالم يخلق بحرية الحادث العلمي، لأن الحادث الخام هو الذي يفرضه عليه.

ولقد استغربت كثيراً من الأمثلة التي أعطاها السيد لوروا، فالأول مستعار من مفهوم الذرة. الذرة كنموذج للحادث! أعترف أن الاختيار محير جدا، بحيث أفضل ألاّ أقول عنه شيئا. فواضح أني لم أفهم فكرة المؤلف، ولن أستطيع مناقشتها بطريقة مفيدة. وأمّا المثال الثاني فهو الكسوف، حيث يكون الحادث الخام عبارة عن تمازج بين الظلمة والضوء، وحيث لايمكن أن يتدخل عالم الفلك إلاّ بإدخال عنصرين غريبين هما الساعة وقانون نيوتن.

وأخيراً يسوق السيد لوروا مثال دوران الأرض. ولقد اعترض عليه: هذا

ليس بحادث، فردٌ: لقد كان حادثاً بالنسبة لغاليلي، الذي كان يؤكّده، كما كان كذلك بالنسبة لمحقق محكمة التفتيش، الذي كان ينكره غير أنه ليس مع ذلك حادثاً بنفس شكل الحوادث التي تحدثنا عنها منذ قليل، وإعطاؤه إسم الحادث بنفس المعنى سيؤدّي إلى التباسات كثيرة. هذه أربع مستويات:

١ ــ الجو مظلم، يقول الجاهل.
٢ ــ لقد حدث الكسوف على الساعة التاسعة، يقول الفلكي.
٣ ــ لقد حدث الكسوف على الساعة التي يمكن استنتاجها من الجداول الموضوعة حسب قوانين نيوتن، يضيف الفلكي.
٤ ــ هذا راجع إلى كون الأرض تدور حول الشمس، يقول غاليلي في الأخير.

أين هو الفاصل بين الحادث الخام والحادث العلمي؟

عندما نقرأ لوروا، نظن أنه يوجد بين المستوى الأول والمستوى الثاني، ولكن، مَنْ الذي لايرى أن هناك مسافة أبعد بين الثاني والثالث، وأخرى أكثر بعدا بين الثالث والرابع؟

ليسمح لي بإعطاء مثالين قد يقدمان بعض التوضيح. أراقب انحراف مضاعف (غلفنومتر) بواسطة مرآة متحركة تسلط صورة ضوئية (أو بقعة ضوئية) على سلم (مرقم). الحادث الخام هو: أرى البقعة تنتقل على السلم. والحادث العلمي هو: يسري تيار في الدائرة.

بعبارة أخرى: عندما أقوم بتجربة فإنه يجب عليّ أن أخضع النتيجة لبعض التصحيحات، لأني أعرف أني ارتكبت بعض الأخطاء. هذه الأخطاء نوعان: نوع طارىء أصححه بأخذ المتوسط، ونوع منهجي لايمكن أن أصححه إلاّ بالبحث العميق عن أسبابه. النتيجة الأولى هي الحادث الخام، أما الحادث العلمي فهو النتيجة النهائية، بعد إجراء التصحيحات. وبالتفكير في مثالنا الأخير نجد أنفسنا في حاجة إلى تقسيم المستوى الثاني من جديد. فبدل القول:

٢ ــ حدث الكسوف على الساعة التاسعة.
نقول:
٢ ــ أ ــ حدث الكسوف عندما كانت ساعتي تشير إلى التاسعة.
٢ ــ ب ــ ساعتي متأخرة بعشرة دقائق. حدث الكسوف إذن على الساعة

التاسعة وعشرة دقائق.

هذا التفريع وحده لايكفي، فالمستوى الأول يجب أن يخضع بدوره لتفريع آخر. ومع ذلك فإن المسافة لن تكون هي المسافة الأقل بعداً بين هذين التفريعين. فمن الضروري أن نميز كذلك بين الإحساس بالظلمة الذي يشعر به مَنْ عاين الكسوف وبين القول: إن الجو مظلم الذي ينتزعه منه ذلك الإحساس. بمعنى ما، إن الحادث الخام الحقيقي هو الإحساس الأول، أمّا بعد التعبير، في الحالة الثانية، عنه فقد صار نوعاً من الحادث العلمي. لقد صار إذن لسلمنا ست درجات، رغم أنه لايوجد سبب يجعلنا نتوقف عند هذا الرقم، فإننا سنكتفي به. الذي يصدمني في البداية هو أن الحادث في المستوى الأول، الحادث الذي مازال خاما تماما، حادث فردي، إذا صحّ التعبير، ومتميز عن كل الحوادث الأخرى، الممكنة، بشكل كامل. لكنه منذ المستوى الثاني لايبقى كذلك، فصياغة الحادث يمكن أن تصلح للعديد من الأحداث الأخرى، وبمجرد ما تتدخل اللغة، فإني لم أعد أتوفر إلّا على عدد من الحدود للتعبير عن لوينات لاتُحصى، تلك اللوينات التي يمكن أن تكون لإنطباعاتي. وعندما أقول: الجو مظلم، فإن هذا يعبر عن الانطباعات التي أشعر بها، وأنا أشاهد كسوفا. ولكن في الظلمة يمكن أن نتصور العديد من اللوينات، ولو أنه حدثت لوينة قليلة الاختلاف عن تلك التي وقعت بالفعل، فإني كنت سأعبر مع ذلك عن هذا الحادث الثاني بقولي: الجو مظلم.

هناك ملاحظة ثانية: حتى بالنسبة للدرجة الثانية من السلم، فإن صياغة الحادث لايمكن أن تكون إلّا صحيحة أو خاطئة. غير أن الأمر لن يكون هكذا بالنسبة لأية قضية. فلو كانت هذه القضية نصا لمواضعة لاستحال القول بأنها صحيحة، بحصر المعنى، لأنها لايمكن أن تكون صحيحة بالرغم مني، ولأنها لاتكون صحيحة إلّا لأني أريدها أن تكون كذلك. فعندما أقول مثلا: إن المتر هو وحدة الطول، عندما أقول هذا فإني أصدر قرارا وليس تقريراً يفرض نفسه عليّ. كذلك الأمر، مثلاً فيما يخص مسلمة أقليدس، كما أعتقد أني بينت في مكان آخر، عندما أسأل: هل الجو مظلم؟ أعرف دائمًا إنْ كان عليّ أن أجيب بنعم أو بلا ورغم أن العديد من الحوادث الممكنة قابلة لنفس الصياغة، فإني سأعرف دائمًا إنْ كان الحادث المتحقق يدخل أو لا يدخل ضمن الحوادث التي تعكسها تلك الصياغة. فالحوادث مرتبة في فئات، ولو سئلت هل يدخل الحادث الذي أشاهده أو لايدخل في فئة معينة فإني لن أتردد في الجواب.

ولاشك أن هذا التصنيف يتضمن اعتباطاً كبيراً ليترك لحرية الإنسان أو لنزوته مجالا واسعا. باختصار: هذا التصنيف هو مواضعة. وباعتبار هذه المواضعة، فإني لو سئلت عما إذا كان حادث معين صحيحاً سأعرف دائماً بما أجيب، وستكون إجابتي مفروضة علي بواسطة شهادة حواسي. إذن لو سئل الناس أثناء كسوف، هل الجو مظلم، لأجابوا جميعاً بنعم. ولاشك أن الذين سيجيبون بلا هم أولئك الذين يتكلمون لغة يُقال فيها عن المظلم مضيء وعن المضيء مظلم. ولكن، ما هي الأهمية التي يمكن أن تكون لهذا؟ في الرياضيات نفس الشيء وأنا عندما أضع التعاريف والمسلمات، وهي مواضعات، فإن المبرهنة لايمكن أن تكون صحيحة أو خاطئة، ولكن للإجابة عن هذا السؤال: هل المبرهنة صحيحة؟، لا أرجع إلى شهادة الحواس، وإنما إلى الاستدلال.

إن صيغة الحادث دائماً قابلة للتمحيص، ولإجراء هذا الاختبار، نعود إمّا إلى شهادة الحواس، أو ذكرى هذه الشهادة. هذا بالضبط ما يميز الحادث. فإذا وضعتم عليّ السؤال التالي: هل هذا الحادث صحيح؟، فإني سأبتدىء بأن أطلب منكم، بألفاظ أخرى، أن تخبروني بأية لغة تتكلمون. وعندما نتفق حول هذه النقطة سأسأل حواسي، وأجيبكم بنعم أو بلا. لكن حواسي هي التي تكون قد أمدتني بالجواب، وليس أنتم عندما تقولون لي: لقد تكلمنا معك بالإنجليزية أو بالفرنسية. هل هناك ما ينبغي تغييره عندما ننتقل إلى المستويات التالية؟ عندما ألاحظ كلفنومترا، كما قلت سابقا، فإني لو سألت زائراً جاهلا: هل يمر التيار؟ لَذَهَبَ ينظر إلى الخيط محاولا أن يرى إنْ كان هناك شيء يمر، ولكني لو طرحت نفس السؤال على مساعدي الذي يعرف لغتي لعرف أن معناه: هل تنتقل البقعة الضوئية؟ ولننظر إلى السلم.

فما الفرق إذن بين صياغة حادث خام وصياغة حادث علمي؟ إنه نفس الفرق بين صياغة نفس الحادث الخام بالفرنسية أو الألمانية. فالصياغة العلمية ترجمة للحادث الخام إلى لغة تتميز قبل كل شيء عن اللغة العامية الفرنسية أو اللغة العامية الألمانية، بكونها لاتتكلم إلاّ من طرف عدد أقل من الناس. ولنتمهل مع ذلك. فأنا لكي أقيس تيارا أستطيع أن أستعمل عدداً كبيرا من نماذج المضاعفات (الغلفنومترات) أو أستعمل الإلكترودينامومتر. وعندما أقول: يسري في هذه الدائرة تيار من عدد معين من الأمبيرات، فإن ذلك يعني: إذا جهزت تلك الدائرة بمضاعف معين فإني سأرى البقعة الضوئية تنتقل إلى الدرجة (أ). ولكنه يعني

كذلك: إذا جهزت تلك الدائرة بإلكتروديناموميتر معين، فإني سأرى البقعة الضوئية تنتقل إلى الدرجة (ب). وهو يعني أيضاً عدة أشياء أخرى، لأن التيار لايتجلّ فقط في مظاهر (أفعال) ميكانيكية، وإنما يتجلّ أيضاً في مظاهر كيماوية حرارية، ضوئية، الخ...

ها نحن إذن أمام صيغة تصلح لعدد كبير من الحوادث المختلفة جدا. فلماذا؟ لأني أتبنى قانوناً يقول كلما حدث فعل ميكانيكي معين يحدث كذلك فعل كيماوي معين. والتجارب السابقة المتعددة لم تكذب قط هذا القانون، حينئذ انتبهت إلى أن بإمكاني أن أعبر، بواسطة نفس الصيغة، عن حادثين مرتبطين دوماً ببعضهما، وعندما أسأل: هل يمر التيار؟ فإني سأفهم أن معنى ذلك: هل يحدث ذلك الفعل الميكانيكي المعين؟ ولكني أستطيع أن أفهم أيضاً: هل يقع ذلك الفعل الكيماوي المعين؟ سأتحقق إذن من وجود الفعل الميكانيكي، أو الفعل الكيماوي، فلا يهم أن يكون هذا أو ذاك بالضبط، ما دمت أعرف أنه في كلتا الحالتين سيكون الجواب واحداً. ولكن، ماذا لو كشفت الأيام أن هذا القانون غير صحيح؟ لو توصلنا إلى أن مطابقة الفعل الميكانيكي للفعل الكيماوي ليست ثابتة؟ آنئذٍ سنضطر إلى تغيير اللغة العلمية لنزيل منها اشتراكاً خطيراً. وماذا بعد ذلك؟

هل يمكن الاعتقاد في أن اللغة العادية التي نعبر بواسطتها عن حوادث الحياة اليومية خالية من الغموض؟ وهل يمكن أن نستنتج من ذلك أن حوادث الحياة اليومية من خلق علماء النحو؟

تسألونني إنْ كان التيار يمر. أبحث إنْ كان الفعل الميكانيكي موجوداً، أشاهده فأجيب: نعم، التيار يمر، تفهمون من ذلك أن الفعل الميكانيكي موجود، وأن الفعل الكيماوي، الذي لم أبحث عنه، موجود كذلك. ولنتخيل الآن، من باب المحال، أن القانون، الذي كنا نظنه صحيحاً، لم يعد كذلك، وأن الفعل الكيماوي لم يوجد في هذه الحالة. مع هذه الفرضية سيكون لدينا حادثان متميزان، أحدهما يُشاهد مباشرة، وهو حقيقي، والآخر مستنتج، وهو خاطىء نستطيع أن نقول عند اللزوم إننا نحن الذين خلقنا الثاني. وفي هذه الحالة يكون جانب المساهمة الشخصية من طرف الإنسان، في خلق الحادث العلمي، هو الخطأ. ولكن، إذا كنا نستطيع القول إن الحادث الذي نتكلم عنه حادث خاطىء، أليس ذلك لأنه بالضبط لايشكل إبداعاً حراً واعتباطياً من طرف فكرنا، لأنه ليس مواضعة مقنعة، ولأنه، إذا كان مواضعة، فإنه لن يكون لاخاطئاً ولاصحيحاً؟ بالفعل، إنه

كان قابلا للتمحيص. وأنا لم أقم بهذا التمحيص، وإنما لم يكن بإمكاني أن أقوم به. فلقد أعطيت جواباً خاطئاً لأني لم أتمهل، وأردت أن أجيب بسرعة من غير أن أسأل الطبيعة التي وحدها تعرف السر.

نفس الشيء يحدث عندما نقوم، بعد تجربة، بتصحيح الأخطاء، الطارئة منها والمنهجية، لاستخراج الحادث العلمي. ولن يكون الحادث العلمي سوى الحادث الخام وقد ترجع إلى لغة أخرى. وعندما أقول: إنها الساعة كذا، فليس ذلك سوى طريقة مختصرة للقول: هناك علاقة معينة بين الوقت الذي تشير إليه ساعتي والوقت الذي كانت تشير إليه عند مرور هذا النجم أو ذاك من الهاجرة. وبعد قبول هذه المواضعة اللغوية فإنني عندما أسأل: هل الساعة كذا؟ لايكون الأمر متعلقاً بي لكي أجيب بنعم أو لا. فلننتقل إلى الدرجة ما قبل الأخيرة. لقد حدث الكسوف على الساعة المعطاة في الجداول المستخرجة من قوانين نيوتن. هذه أيضاً مواضعة لغوية يعرفها جيدا أولئك الذين يملكون الجداول التي قام بحسابها الفلكيون. أسأل: هل حدث الكسوف في الساعة المتوقعة؟ أبحث في التقويم الفلكي فألاحظ أن الكسوف كان متوقعاً حدوثه في الساعة التاسعة أفهم أن السؤال يعني: هل وقع الكسوف في الساعة التاسعة؟ هنا أيضاً لانحتاج إلى تغيير في نتائجنا: الحادث العلمي ليس سوى الحادث الخام وقد ترجع إلى لغة ملائمة.

صحيح أن الأمور تتغير عند الدرجة الأخيرة. هل الأرض تدور؟ هل يشكل هذا حادثا قابلاً للأختبار؟ هل كان بإمكان غاليلي والمحقق الأكبر الرجوع إلى شهادة الحواس ليضعا حداً للخلاف بينهما؟ لقد كانا على العكس متفقين حول المظاهر، وكيفما كانت التجارب المكدسة، فإنهما كانا سيظلان متفقين حول المظاهر، ولكن من غير أن يتفقا على تأويلها. لذلك كان عليهما في المناظرة بينهما أن يلجأا إلى وسائل ضعيفة من الناحية العلمية. ولذلك أعتقد أنهما لم يكونا على خلاف بشأن حادث علمي. فليس من حقنا أن نعطي لدوران الأرض الذي كان موضوع المناقشة بينهما نفس الإسم الذي أعطيناه للحوادث الخام والحوادث العلمية التي قمنا باستعراضها حتى الآن.

بعد هذا يبدو من السطحي أن نبحث إنْ كان الحادث الخام خارج العلم لأنه لايمكن أن يوجد علم بدون حادث علمي، ولا حادث علمي بدون حادث خام، مادام الأول مجرد ترجمة للثاني.

والآن ، هل يمكن أن يكون لنا الحق في القول إن العالم يخلق الحادث

العملي؟ قبل كل شيء، إنه لايخلقه من العدم ما دام يفعل ذلك بواسطة الحادث الخام. وبالتالي، فإنه لايفعل ذلك بكل حرية وكما يشاء. وكيفما كانت مهارة العامل فإن حريته دائما محدودة بخواص المادة الأولى التي يصنع منها. وعلى كل حال، ماذا تعنون عندما تتحدثون عن الخلق الحر للحادث العلمي وتأخذون مثالا من العالم الفلكي الذي يتدخل بنشاط في ظاهرة الكسوف بواسطة ساعته؟ هل تريدون القول: إن الكسوف قد وقع على الساعة التاسعة؟ ولكن عالم الفلك لو أراد أن يقع الكسوف على الساعة العاشرة، وهذا أمر لايتعلق إلا به، لما احتاج سوى إلى إضافة ساعة إلى ساعته. غير أن عالم الفلك وهو يقوم بهذه الدعابة المرة، كان طبعاً سيستغل إشتراكا. فهو عندما يقول لي: لقد حدث الكسوف على الساعة التاسعة، أفهم أن التاسعة هي الساعة المستنتجة من الإشارة الخام للساعة بواسطة سلسلة التصحيحات العادية. وإذا أعطاني فقط تلك الإشارة الخام، وإذا أجرى تصحيحات معاكسة للقواعد المألوفة، فإنه يكون قد غير اللغة المتفق عليها من غير أن يخبرني، ولكنه إذا اهتم بإخباري بذلك، فإنه لن يكون من حقي أن أشتكي، وسيكون عندنا دائما نفس الحادث مُعبّراً عنه بلغة أخرى.

باختصار، إن كل ما يخلقه العالم في الحادث هو اللغة التي يصوغه بواسطتها. وإذا توقع حادثاً فإنه سيستعمل هذه اللغة، وبالنسبة لكل الذين يتكلمونها، ويفهمونها، سيكون توقعه خالياً من كل غموض. بل، إنه، بمجرد القيام بهذا التوقع، لم يعد يتوقف عليه بطبيعة الحال أن يتحقق ذلك التوقع أو لايتحقق..

ما الذي يتبقى إذن من أطروحة السيد لوروا؟ يبقى أن العالم يتدخل بنشاط عن طريق اختيار الحوادث التي تستحق أن تُراقب.

إن حادثاً معزولا لاقيمة له في ذاته، وهو يأخذ حادثاً من الحوادث إذا كان من الممكن التفكير في أنه يستطيع أن يساعد على توقع حوادث أخرى، أو إذا تمّ توقعه، وكان تحققه تأكيداً لقانون. ما الذي يختار الحوادث التي تستحق أن تدخل مدينة العلم لأنها تستوفي تلك الشروط؟ إنه النشاط الحر للعالم. وليس هذا فقط. لقد قلت إن الحادث العلمي ترجمة للحادث الخام إلى لغة معينة. وقد كان عليّ أن أضيف إن كل حادث علمي مكوّن من عدة حوادث خام. والأمثلة المذكورة سابقاً تبين ذلك بوضوح. فمثلاً، بالنسبة للكسوف، كانت ساعتي تشير إلى الساعة (أ) لحظة الكسوف، وكانت تشير إلى الساعة (ب) عند المرور الأخير بالهاجرة من طرف نجمة سنتخذها مصدرا للطوالع المستقيمة. وكانت تشير إلى الساعة (هـ)

عند المرور ما قبل الأخير لنفس النجمة. هذه ثلاثة أحداث متميزة (ولنلاحظ، إضافة، إن كل واحد منها ينتج بدوره عن حادثين متآنيين، ولكن لنترك هذا جانباً). بدل ذلك أقول: لقد حدث الكسوف على الساعة: ٢٤ $\frac{أ - ب}{ب - هـ}$ وتصبح الحوادث الثلاثة مجتمعة في حادث علمي واحد. لقد بدا أن القراءات الثلاث (أ)، (ب)، و(هـ) التي تمت على ساعتي في لحظات ثلاث مختلفة قراءات خالية من القيمة وأن الشيء الوحيد الذي له قيمة هو التركيب $\frac{أ - ب}{ب - هـ}$ انطلاقاً من القراءات الثلاث.

في هذا الحكم نجد النشاط الحر لفكري. ولكني بذلك استنفذت قوتي فأنا لاأستطيع أن أعطي لهذا التركيب $\frac{أ - ب}{ب - هـ}$ هذه القيمة أو تلك لأني لاأستطيع أن أؤثر لا على قيمة (أ) ولا على قيمة (ب) ولا على قيمة (هـ) المفروضة كحوادث خام. باختصار، إن الحوادث حوادث، وإذا حدث أن كانت مطابقة لتوقع ما، فليس ذلك بفعل نشاطنا الحر، فلا يوجد فاصل دقيق بين الحادث الخام والحادث العلمي. وكل ما نستطيع أن نقوله إن صيغة هذا الحادث خام، أكثر من تلك ، أو، على العكس ، إنها أكثر علمية من غيرها.

٤ ــ الاسمية والثابت والعام

من الواضح أننا حينما ننتقل من الحوادث إلى القوانين يصبح جانب النشاط الحر للعالم أكبر بكثير. ولكن ألا يجعل لوروا هذا الجانب أكبر مما هو عليه؟ هذا ما سنبحثه.

لنستعد أولاً الأمثلة التي أعطاها. إنني عندما أقول إن الفوسفور يذوب لما تصل درجة حرارته إلى ٤٤ ، عندما أقول هذا، فإني أظن أني أصوغ قانوناً، ولكن ذلك، في الواقع، تعريف للفوسفور. فإذا ما تمّ اكتشاف جسم يتمتع بكل خواص الفوسفور، ولايذوب مع ذلك عند درجة ٤٤ ، فسيُعطى له إسم آخر. هذا كل ما في الأمر. ويبقى القانون صحيحاً. كذلك الأمر عندما أقول إن الأجسام الخاضعة لسقوط حر تقطع مسافات تتناسب مع مربع الزمن، فإنْ ارتفع هذا الشرط، أقول إن السقوط ليس حراً، بحيث يبقى القانون دائماً خارج دائرة الخطأ. واضح أن القوانين إذا رُدّت إلى هذا، فإنها لايمكن أن تصلح للتوقع، إذن لايمكن أن تصلح لشيء، لايمكن أن تصلح لا كوسائل معرفة ولا كمبدأ للعمل. عندما أقول: الفوسفور يذوب في حرارة ٤٤ درجة فإني أريد أن أقول: كل جسم يتمتع بهذه الخاصة أو تلك (يعني كل خواص الفوسفور، ماعدا درجة الذوبان) يذوب في ٤٤

درجة حرارية. بهذا الفهم تصبح قضيتي قانوناً. وهذا القانون يمكن أن يكون نافعاً بالنسبة لي لأني كلما التقيت بجسم يتمتع بتلك الخواص، أستطيع أن أتنبأ بأنه سيذوب في درجة ٤٤.

ولاشك أنه يمكن أن يُكتشف أن القانون غير صحيح. وسنقرأ حينئذ في مؤلفات الكيمياء: «يوجد جسمان خلط بينهما الكيميائيون طويلا تحت إسم الفوسفور. هذان الجسمان لايختلفان إلاّ بدرجة الذوبان» ولن تكون هذه هي المرة الأولى التي يصل فيها الكيميائيون إلى الفصل بين جسمين لم يكونوا يعرفون كيف يميزون بينهما. فقد سبق لهم مثلا أن خلطوا طويلا بين جسمين هما النيوديم والبرازيوديم تحت إسم واحد هو الديديم، ولا أظن أن الكيميائيين يخشون كثيرا أن تقع مغامرة كهذه مع الفوسفور. وإذا ما حدث هذا فإنه من المحتمل الاّ يكون لهذين الجسمين نفس الكثافة ، نفس الحرارة النوعية ، إلخ ... بحيث ، بعد تحديد الكثافة ، مثلا ، بعناية ، يمكن دائمًا أن نتوقع نقطة الذوبان . وعلى كل حال، فإن هذا لايهم. يكفي أن نلاحظ أن هناك قانوناً، وأن هذا القانون، سواء كان صحيحاً أو خاطئاً، لايمكن أن يُرَدّ إلى مجرد تحصيل حاصل. الا يمكن أن يُقال لنا إننا إذا كنا لانعرف على الأرض جسما لايذوب في درجة ٤٤ رغم أن له خصائص الفوسفور بكاملها، فإننا لانستطيع أن نعرف إنْ كان لايوجد في كواكب أخرى؟ لاشك أن هذا أمر يمكن الدفاع عنه، فنستنتج منه حينذاك أن القانون الذي نتحدث عنه، والذي يمكن أن يصلح كقاعدة لنا، نحن سكان الأرض قانون ليست له مع ذلك أية قيمة عامة من الناحية المعرفية، وأنه لايدين بفائدته إلاّ للصدفة التي وضعتنا في هذا الكوكب. هذا شيء ممكن، ولكنه لو كان كذلك لما كان للقانون أية قيمة ، ليس لأنه سيصبح مجرد مواضعة، ولكن، لأنه يصير خاطئاً. كذلك بالنسبة لسقوط الأجسام. إنه لن يفيد في أي شيء أن نطلق إسم السقوط الحر على أنواع السقوط التي تتم في تطابق مع قانون غاليلي ، لو لم أكن أعرف أن السقوط ، في مثل هذه الشروط، سيكون إمّا حراً، وإمّا تقريبا حرا. إذن هذا أيضا قانون يمكن أن يكون خاطئاً او صحيحا، ولكنه لايمكن أن يُرَدّ إلى مواضعة. أفترض أن علماء الفلك قد توصّلوا إلى اكتشاف أن النجوم لاتخضع تماما لقانون نيوتن، سيكون أمامهم الاختيار بين موقفين: بإمكانهم أن يقولوا إن الجاذبية لاتتغير تماماً، كعكس لمربع المسافات، أو إن الجاذبية ليست القوة الوحيدة التي تؤثر على الكواكب، وأنه قد أضيفت إليها قوة من طبيعة مختلفة. في هذه الحالة الأخيرة

سنعتبر قانون نيوتن تعريفاً للجاذبية. وسيكون هذا هو الموقف الإسمي. والاختيار بين الموقفين يكون حرا، ويتم وفق اعتبارات الملاءمة، رغم أن هذه الاعتبارات من القوة غالباً بحيث لايبقى عملياً إلاّ القليل القليل من تلك الحرية. من الممكن أن نقسم القضية: ١ ـ الكواكب تتبع قانون نيوتن، إلى قضيتين: ٢ ـ الجاذبية تتبع قانون نيوتن ـ ٣ ـ الجاذبية هي القوة الوحيدة التي تؤثر على الكواكب. وفي هذه الحالة لن تكون القضية (٢) سوى تعريف، ولاتخضع لمراقبة تجريبية ولكن حينئذ يجب أن تخضع القضية (٣) لذلك الاختبار. وهذا أمر ضروري لأن القضية الناتجة (١) تتوقع حوادث خام قابلة للاختبار.

بفضل هذه الحيل، وبواسطة إسمية لاشعورية، رفع العلماء، فوق القوانين، ما يسمونه بالمبادىء. فعندما يخضع قانون لتأكيد كاف من طرف التجربة يصبح بإمكاننا أن نتخذ أحد موقفين: فإمّا أن نترك هذا القانون في المعترك، وفي هذه الحالة يبقى خاضعاً لمراجعة مستمرة ستنتهي من غير شك إلى التدليل على أنه مجرد قانون تقريبي. وإمّا أن نجعله مبدأ بتبني مواضعات تجعل القضية صحيحة بالتأكيد. من أجل هذا نتصرف دائماً بنفس الطريقة.

القانون الأصلي يعبّر عن علاقة بين حادثين خاصين هما (أ) و(ب). ندخل بين هذين الحادثين الخامين وسيطاً مجرداً (د)، صورياً تقريبا (وهو التجريد غير المحسوس، أي الجاذبية، في المثال السابق). وهكذا تصبر لدينا علاقة بين (أ) و(ب)، نستطيع أن نفترض أنها دقيقة، أي صار لنا مبدأ، وصارت لدينا علاقة أخرى بين (ب) و(د) تبقى هي القانون القابل للمراجعة.

من الآن فصاعدا سيصبح لدينا مبدأ مبلور، إذا صحّ التعبير، وهو غير خاضع لاختبار التجريبية، فهو ليس خاطئاً أو كاذبا، ولكنه ملائم. وجد غالباً في هذه الطريقة فوائد كبرى. غير أنه من الواضح أنه، إذا حوّلت كل القوانين إلى مبادىء، فإنه لن يبقى هناك شيء من العلم. فكل قانون يمكن أن يُقسم إلى قانون ومبدأ. لكنه واضح أنه، مهما كانت الدرجة التي نوصل إليها التقسيم، ستظل هناك دائماً قوانين. للإسمية إذن حدود. وهذا ما يمكن أن نهمله إذا أخذنا أقاويل السيد لوروا بحذافيرها. إن مراجعة سريعة للعلوم ستجعلنا نفهم جيداً تلك الحدود، فالموقف الإسمي لايكون مبرراً إلاّ حين يكون ملائماً. متى يكون كذلك؟ التجربة تخبرنا بأن هناك علاقات بين الاجسام. هذا هو الحادث الخام. ولكن، تلك العلاقات شديدة التعقيد، وبدل أن نعتبر مباشرة العلاقة بين الجسم (أ)

والجسم (ب) ندخل بينهما وسيطاً هو المكان ونميز ثلاث علاقات: علاقة الجسم (أ) مع شكل المكان (أ - ١)، علاقة الجسم (ب) مع شكل المكان (ب - ١)، العلاقة بين الشكلين (أ - ١) و(ب - ١). ما هي فائدة هذا التحايل؟ في كون العلاقة بين (أ) و(ب) علاقة معقدة، ولاتختلف إلاّ قليلاً عن العلاقة بين (أ - ١) و(ب -١) بحيث يمكن أن تعوض تلك العلاقة المعقدة بالعلاقة البسيطة بين (أ - ١) و(ب - ١) وبواسطة علاقتين اخريين تجعلاننا نعرف أن الفروق بين (أ) و(أ - ١) من جهة، وبين (ب) و(ب - ١) من جهة أخرى، فروق صغيرة جدا. فمثلا إذا كان (أ) و(ب) جسمين صلبين طبيعيين ينتقلان، مع بعض التشويه الطفيف الذي يلحق بهما، سنتصور شكلين متحركين لايتغيران هما (أ-١) و(ب - ١). وقوانين الحركة النسبية لهذين الشكلين ستكون بسيطة جدا، ستكون هي قوانين الهندسة. وسنضيف بعد ذلك أن الجسم (أ) الذي لايختلف دائمًا إلاّ قليلا جداً عن (أ - ١) يتمدد بفعل الحرارة ويلتوي بفعل التمطط، وهذه التمددات، لأنها بالضبط صغيرة جدا، ستكون دراستها من طرف فكرنا سهلة نسبيا. هل تتصورون التعقيدات اللغوية التي سيجب علينا تحملها لو أردنا أن نفهم من صيغة واحدة تنقل الجسم وتمدده وثنيه؟

كانت العلاقة بين (أ) و(ب) قانوناً خاصا، ثم قسمت. وأصبح لدينا الآن قانونان يعبران عن العلاقة بين (أ) و(أ - ١) وبين (ب) و(ب - ١)، ومبدأ يعبر عن العلاقة بين (أ - ١) و(ب - ١). مجموع هذه المبادىء هو ما نسميه هندسة. هناك ملاحظتان أخريان: لدينا علاقة بين جسمين هما (أ) و(ب) عوضناها بعلاقة بين شكلين هما (أ - ١) و(ب(ب - ١). ولكن هذه العلاقة نفسها القائمة بين الشكلين (أ - ١) و(ب - ١) كان من الممكن أن تعبر بشكل مفيد عن علاقة بين جسمين آخرين (أ - ٢) و(ب - ٢) مختلفين كل الاختلاف عن (أ) و(ب). وذلك بعدة طرق. فلو لم نكن قد خلقنا الهندسة بعد دراستنا للعلاقة بين (أ) و(ب) لكان علينا أن نعيد ابتداء دراسة العلاقة بين (أ - ٢) و(ب - ٢). لهذا السبب تكون الهندسة ثمينة جدا. فالعلاقة الهندسية يمكن أن تعوض بفائدة علاقة يجب أن تعتبر ميكانيكية إذا نُظِر إليها في حالتها الخام، ويمكن أن تعوّض أخرى تعتبر بصرية، الخ...

ولكن، لايجب أن يُقال لنا: إنه البرهان على أن الهندسة علم تجريبي، فأنتم، حين تفصلون تلك المبادىء عن القوانين التي استخرجت منها، تفصلون

الهندسة ذاتها بطريقة اصطناعية عن العلوم التي أنتجتها. والعلوم الأخرى لها بدورها مبادىء من غير أن يمنعنا هذا من تسميتها بالعلوم التجريبية. ويجب الاعتراف بأنه كان سيكون من الصعب عدم القيام بهذا الفصل المزعوم أنه اصطناعي، فنحن نعرف الدور الذي لعبه علم حركة الأجسام الصلبة في تكون الهندسة. فهل يجب أن نقول والحالة هذه أن الهندسة ليست سوى فرع من علم الحركة التجريبي؟ لكن، انتشار الضوء في خطوط مستقيمة قد ساهم بدوره في تكون تلك المبادىء، فهل يجب القول إن الهندسة فرع من علم الحركة، وفرع من علم البصريات؟ أذكر كذلك بأن مكاننا الأقليدي، وهو الموضوع الخاص للهندسة، قد اختير لأسباب تتعلق بالملاءمة من بين عدد من النماذج الموجودة مسبقاً في فكرنا والمسماة بالزمر. وإذا انتقلنا إلى الميكانيكا فإننا نلاحظ أيضاً عددا من المبادىء الكبرى ذات الأصل المماثل. وكما أن مدى عملها، إذا صحّت العبارة، أقل، فإنه لم يعد هناك ما يدعو إلى عدم فصلها عن الميكانيكا، بحصر المعنى، وإلى عدم اعتبار هذا العلم استنباطياً. وأخيراً، فإن دور المبادىء في الفزياء أضعف. وبالفعل فإنه لايتم إدخالها إلاّ عندما تكون هناك فائدة. غير أنها ليست مفيدة إلّا لأنها أقل عددا ولأن كل واحد منها يعوض تقريبا عددا كبيرا من القوانين، إذن، ليست لدينا أية فائدة في الإكثار منها. بل، إنها يجب أن تنجح. ومن أجل هذا يجب أن تصل إلى ترك التجريد لربط الاتصال مع الواقع.

هذه هي حدود الإسمية، وهي حدود ضيقة. ومع ذلك فقد أصرّ السيد لوروا وطرح المسألة بشكل آخر. ما دامت صياغة قوانينا يمكن أن تتغير مع المواضعات التي نتبناها، وما دام من الممكن أن تغير تلك المواضعات العلاقات الطبيعية ذاتها التي تتكوّن منها قوانيننا، فهل يوجد في مجموع تلك القوانين شيء مستقل يمكن، إذا جاز التعبير، أن يلعب دور الثابت العام؟ لقد تمّ، مثلاً، إدخال وهم كائنات تعلمت في عالم مخالف لعالمنا فأدّى بها ذلك إلى خلق هندسة لاأقليدية. ولكن تلك الكائنات إذا نقلت فجأة إلى عالمنا فإنها ستلاحظ نفس القوانين التي نلاحظها، إلّا أنها ستعبر عنها بطريقة مخالفة تماما. في الحقيقة سيبقى هناك شيء مشترك بين الصيغتين. وذلك لأن تلك الكائنات لم تختلف بعد عنا بما فيه الكفاية. ويمكن أن نتصور كائنات أكثر غرابة فيتقلص أكثر الجزء المشترك بين منظومتي الصيغتين. فهل سيتقلص هكذا النزوع نحو الصفر أو يظل بقية لايمكن تخفيضها بحيث يشكل حينئذ الثابت العام الذي نبحث عنه؟ المسألة تحتاج إلى توضيح. هل

نريد أن يكون هذا الجزء المشترك قابلا لأن يُعبّر عنه بكلمات؟ من الواضح أنه لا توجد كلمات هامة بالنسبة لجميع اللغات، ولانستطيع أن نزعم لأنفسنا المقدرة على بناء ثابت عام من نوع ما يمكن أن يفهم من طرفنا وفي نفس الوقت من طرف علماء الهندسة الخياليين اللاأقليديين الذين تحدثت عنهم منذ قليل، وذلك مثلما لانستطيع بناء جملة يمكن أن تُفهم من طرف الألمان الذين لايعرفون الفرنسية وفي نفس الوقت من طرف الفرنسيين الذين يجهلون الألمانية. غير أن لنا قواعد ثابتة تمكننا من ترجمة النصوص الفرنسية إلى الألمانية أو العكس. لأجل هذا وجد علماء النحو ووضعت المعاجم. هناك بالمثل قواعد ثابتة لترجمة اللغة الأقليدية إلى لغة لاأقليدية. وإذا لم توجد هذه القواعد فإنه يمكن وَضْعُهَا. ولكن، إذا لم يكن هناك لامترجم ولا معجم، وإذا تمّ الاتصال بين الفرنسيين والألمان بعد قرون من الحياة في عوالم منفصلة، الا يمكن أن يوجد أي شيء مشترك بين العلم الموجود في كتب الألمان والعلم الذي تضمه كتب الفرنسيين؟ لاشك أن الفرنسيين والألمان سيصلون إلى التفاهم مثلما وصل هنود أمريكا إلى فهم لغة غزاتهم بعد وصول الإسبان. إلاّ أنه قد يُقال: إن الفرنسيين سيتمكنون من فهم الألمان ولو لم يتعلموا الألمانية. ذلك لأن بينهم شيئاً مشتركا هو كونهم جميعا بشرا. وقد نتوصّل أيضاً إلى التفاهم مع علمائنا اللاأقليديين الخياليين، رغم أنهم لم يعودوا بشرا. وذلك لأنهم قد يحافظون على شيء من الإنسانية، إن حداً أدنى من الإنسانية يبقى مع ذلك ضرورياً. هذا ممكن، ولكني أريد أن الاحظ أولا أن ذاك القليل من الانسانية الذي سيتبقى لدى اللاأقليديين قد يكفي لا لترجمة قليل من لغتهم فحسب، ولكن لترجمة لغتهم بأكملها.

والأن وقد أصبح هذا الحد الأدنى ضرورياً فإني أتنازل، وأفترض أنه يوجد سائل من نوع ما ينفذ بين جزئيات مادتنا، من غير أن يكون له أي فعل عليها، أو يكون لها أي فعل عليه، أفترض أن هناك كائنات قابلة للتأثر بهذا السائل من غير أن تتأثر بمادتنا.

من الواضح أن علم هذه الكائنات سيختلف كلية عن علمنا وسيكون من السطحي أن نبحث عن «ثابت» عام بين هذين العلمين. ولنتصورأن هذه الكائنات ترفض منطقنا، ولاتقبل مثلا مبدأ التناقض.

صراحة: أعتقد أنه من غير المفيد أن نبحث في فرضيات كهذه. والآن، إذا لم ندفع بالغرابة إلى هذا الحد، وإذا لم ندخل إلاّ كائنات خيالية لها حواس مماثلة

لحواسنا، وقابلة للتأثر بنفس أحاسيسنا من جهة، وتقبل مبادىء منطقنا، من جهة أخرى، إذا تمّ هذا، فإننا نستطيع أن نختم قائلين إن لغتها، وكيفما كان اختلافها عن لغتنا، ستكون دائمًا قابلة للترجمة. غير أن إمكان الترجمة يفترض وجود ثابت، الترجمة هي استخراج هذا الثابت، وهكذا، فالكشف عن خبايا وثيقة مرموزة معناه أن نبحث عمّا يبقى ثابتاً في تلك الوثيقة عند استبدال حروفها. فما هي، الآن، طبيعة هذا الثابت؟ من السهل إدراك ذلك، وستكفينا كلمة واحدة: القوانين الثابتة هي العلاقات بين الحوادث الخام، بينما تبقى العلاقات بين «الحوادث العلمية» متوقفة دائمًا على بعض المواضعات.

الفصل الحادي عشر:

العلم والواقع.

٥ ـ الحدوث والحتمية:

لا أنوي هنا بحث مسألة حدوث قوانين الطبيعة التي تشكل بكل تأكيد مسألة غير قابلة للحل والتي كتب حولها الكثير من قبل. أريد فقط أن أشير إلى أنه قد أعطيت معانٍ مختلفة جداً لهذه الكلمة وأنه سيكون من المفيد جداً أن نميز بينها.

إذا اعتبرنا قانونا خاصا، كائنا ما كان هذا القانون، فإننا نستطيع أن نكون على يقين مسبقاً أنه لن يكون إلاّ تقريبياً فهو، بالفعل، مستنبط من اختبارات تجريبية لم تكن، ولايمكن أن تكون، إلاّ تقريبية. ويجب أن نتوقع دائمًا أن تضطرنا قياسات أكثر دقة إلى إضافة حدود جديدة إلى صيغنا. وهذا ما وقع مثلا بالنسبة لقانون ماريوت.

بالإضافة إلى ذلك، فإن صيغة قانون ما بالضرورة ناقصـــة فهذه الصياغة يجب أن تتضمن تعداد كل السوابق التي بمقتضاها يمكن أن يحدث تال معطى. وسيكون عليّ أولاً أن أصف كل شروط التجربة المراد إجراؤها وستكون صيغة القانون في هذه الحالة على النحو التالي: إذا توفرت كل الشروط فإن الظاهرة المعينة ستقع.

غير أننا نكون على يقين من أننا لم ننس أي شرط من تلك الشروط، إلاّ عندما نكون قد وصفنا حالة الكون بأكمله في اللحظة (ت)، فكل أجزاء هذا الكون تستطيع أن تمارس تأثيراً قليلا أو كبيرا على الظاهرة التي يجب أن تقع في اللحظة (ت + د ت).

ومع ذلك، فإنه من البين أن صيغة كهذه لايمكن أن توجد في صياغة القانون وفي حالة القيام بها فإن القانون يصير غير قابل للتطبيق، فإذا فرضنا في الوقت الواحد كل هذه الشروط فإنه لن يكون لدينا إلاّ قليل من الحظ في أن تتحقق جميعها في لحظة من اللحظات.

إذنْ، ما دمنا لانستطيع أن نكون على يقين من أننا لم نهمل أي شرط جوهري من تلك الشروط فإننا لايمكن أن نقول: إذا تحققت هذه الشروط وتلك فإن هذه الظاهرة ستقع، إننا لانستطيع سوى القول: إذا تحققت هذه الشروط وتلك، فإن من المحتمل أن يحدث هذا الحادث تقريبا. فلنأخذ قانون الجاذبية الذي هو أقل القوانين، المعروفة، نقصاً. إنه يمكننا من التنبؤ بحركات الكواكب. وأنا حين أستعمله مثلاً في حساب مدار زحل، فإني أهمل تأثير النجوم. وحين أفعل ذلك أكون على يقين من أني لاأخطىء لأني أعرف أن تلك النجوم بعيدة جدا بحيث لايكون تأثيرها محسوسا.

حينئذ أعلن، تقريباً في يقين، إن إحداثيات زحل ستوجد في ساعة معينة بين هذه الحدود وتلك. ولكن، هل هذا اليقين مطلق؟

الا يمكن أن يوجد في هذا الكون أية كتلة ضخمة، وأكبر بكثير من كتل كل الكواكب المعروفة، بحيث يستطيع تأثيرها أن يكون محسوسا من مسافات بعيدة؟ قد تكون تلك الكتلة ذات سرعة ضخمة وبعد أن ظلت تسير كل الوقت في تلك المسافات التي جعلت تأثيرها غير محسوس اقتربت فجأة منا. ومن المؤكد أنها ستحدث في منظومتنا الشمسية اضطرابات كبيرة مستبعدة وما كنا لنتوقعها. إن كل ما يمكن أن نقوله إن احتمالا كهذا مستبعد كلية، وحينئذ، فإننا لانستطيع أن نقول: إن زحل ستكون قرب نقطة محددة في السماء، وإنما يجب أن نكتفي بالقول إنه من المحتمل أن تكون زحل قرب تلك النقطة. ورغم أن هذا الاحتمال مكافىء عملياً ليقين، فإنه مع ذلك ليس سوى احتمال.

لكل هذه الأسباب، فإن قانوناً خاصا لايمكن أن يكون سوى تقريبي

واحتمالي. والعلماء لم يهملوا قط هذه الحقيقة. إنهم يعتقدون فقط، إمّا عن صواب أو عن خطأ. أن كل قانون يمكن أن يُستبدل بآخر أكثر تقريبية واحتمالا، إن هذا القانون الجديد لايمكن أن يكون بدوره إلاّ موقتا. غير أن هذه العملية يمكن أن تستمر إلى مالانهاية، بحيث يمتلك العلم، وهو يتقدم، قوانين أكثر احتمالا، وبحيث تنتهي الاقترابية إلى ألاّ تختلف كثيراً عن الدقة، والاحتمال عن اليقين. وإذا كان العلماء الذين يفكرون بهذا الشكل على صواب، فهل يبقى من الحق أن نستمر في القول إن قوانين الطبيعة حادثة رغم أن كل قانون إذا ما أُخِذ معزولاً يمكن أن يوصف بأنه حادث؟ أم هل يجب أن نوجب، قبل القول بحدوث القوانين الطبيعية، أن يوضع حد لذاك التقدم، أن ينتهي العالم ذات يوم إلى التوقف عن بحثه عن اقترابية أكبر، وأنه بعد حد معين لن يصادف في الطبيعة إلاّ النزوة؟

من منظور التصور الذي تحدثت عنه منذ قليل، وهو التصور الذي سأسميه علميا، كل قانون ليس سوى صياغة ناقصة ومؤقتة، ولكنه سيستبدل ذات يوم بقانون أعلى لايشكل الأول إلاّ صورة بدائية منه. إذن لايبقى أي مكان لتدخل إرادة حرة.

وأظن أن النظرية الحركية للغازات ستمدنا بمثال واضح لهذا. فمن المعروف في هذه النظرية أننا نفسّر كل خواص الغازات بفرضية بسيطة: نفترض أن كل جزئيات الغازات تتحرك في كل الاتجاهات بسرعة كبيرة، وأنها تتبع مسارات مستقيمة لاتتغير إلاّ عندما يمر جزيء قريباً جدا من جدران الإناء أو من جزيء آخر.

إن الأفعال التي تسمح لنا حواسنا البدائية بملاحظتها هي الأفعال المتوسطة، وفي هذه المتوسطات تعوض الفوارق الكبيرة، أو على الأقل، من المستبعد جداً ألاّ تعوض، بحيث تخضع الظواهر الملاحظة لقوانين بسيطة مثل قانون ماريوت اوغي لوساك. غير أن هذا التعويض للفوارق ليس إلاّ محتملا. فالجزئيات تغير موقعها بلا توقف، وداخل هذه التنقلات المستمرة تمر تلك الأشكال التي تكونها، وبالتتالي، من كل التركيبات الممكنة. إلاّ أن هذه التركيبات كثيرة العدد، وهي جميعا مطابقة لقانون ماريوت، ولا يشذّ عنه إلاّ القليل منها. وهذه بدورها ستتحقق، غير أنه يجب انتظار وقت أطول، فلو أنّا راقبنا غازاً مدة طويلة لانتهينا يقيناً، إلى أن نراه يبتعد خلال زمن قصير جدا عن قانون ماريوت كم من الوقت

يلزم للانتظار؟ لو أنّا أردنا أن نحسب عدد السنوات المحتمل لوجدنا أن هذا العدد من الضخامة بحيث أنه لكتابة عدد أرقامه وحدها سنحتاج إلى عشرة أرقام. ولكن هذا لايهم إذ يكفي أن يكون متناهياً.

لا أريد أن أناقش هنا قيمة هذه النظرية. فمن الواضح أننا إذا تبنيناها سيصبح قانون ماريوت في أعيننا حادثا، لأنه سيأتي يوم لايظلّ فيه صحيحا. ومع ذلك، هل أنصار النظرية الحركية خصوم للحتمية؟ إنهم أكثر الآليين تصلباً. فجزئياتهم تتبع مسارات صلبة لاتبتعد عنها إلاّ تحت تأثير قوى تتغير مع المسافة تبعاً لقانون محدد بدقة، لايبقى في نسقهم ولو مكان صغير لا للحرية ولا لعامل تحركي، بحصر المعنى، ولا لأي شيء، يمكن تسميته حدوثا. وأضيف، رفعاً للالتباس، أنه ليس هنا أي تطور لقانون ماريوت نفسه، إنه سيكفّ عن أن يظلّ صحيحاً بعد عدد غير معروف من القرون، ولكنه بعد جزء من دقيقة سيعود صحيحاً، ولمدة عدد من القرون لايمكن حسابه.

وما دمت قد نطقت بكلمة التطور، لنرفع سوء فهم آخر، يُقال غالباً: ربما كانت القوانين تتطور، وربما نكتشف ذات يوم أنها لم تكن في العصر الفحمي على ما هي عليه اليوم. ماذا نعني بهذا؟

ما نظن أننا نعرفه عن كوكبنا في حالته الماضية نستنتجه من حالته الراهنة. أمّا عن الكيفية التي يتم بها هذا الاستنتاج، فهي الكيفية التي تجري بواسطة القوانين التي يُفترض أن تكون صحيحة.

القانون علاقة بين سابق وتالٍ، ومادام كذلك، فإنه يسمح لنا باستنباط التالي من السابق، أي يسمح لنا بتوقع المستقبل، ويسمح لنا كذلك، باستنتاج السابق من اللاحق، أي بالانتقال من الحاضر إلى الماضي. وعالم الفلك الذي يعرف الحالة الراهنة للكواكب بإمكانه أن يستنتج منها حالتها في المستقبل بواسطة قانون نيوتن . وهذا بالضبط ما يفعله حين يبني تقويماً فلكياً. إلاّ أنه بإمكانه أيضاً أن يستنتج منها حالتها السابقة. والحسابات التي يستطيع أن يقوم بها لايمكنها أن تخبره أن قانون نيوتن سيكفّ عن أن يظل صحيحاً في المستقبل، وما دام هذا القانون هو بالضبط نقطة انطلاقه، ولايمكنها كذلك أن تجعله يعرف أنه كان خاطئاً في الماضي.

صحيح أن تلك التقويمات الفلكية يمكن أن تُختَبر ذات يوم من أيام

المستقبل، من طرف خلفنا، فيعرف أنها كانت خاطئة. إلاّ أنه فيما يتعلّق بالماضي، الماضي الجيولوجي الذي لم يخلّف شهوداً، فإن نتائج الحساب، وذلك مثل نتائج جميع التأملات التي نحاول فيها استنباط الماضي من الحاضر، تتأبّى بطبيعتها عن كل لون من ألوان الاختبار. وهكذا إذا لم تكن قوانين الطبيعة في العصر الفحمي هي نفسها في العصر الحالي، فإننا لا يمكن أبداً أن نعرف ذلك، لأننا لانستطيع أن نعرف عن تلك الفترة إلاّ ما نستنتجه من فرضية ثبات تلك القوانين. ربما يُقال إن هذه الفرضية من الممكن أن تؤدّي إلى نتائج متناقضة فنضطر إلى تركها. وهكذا، فيما يتعلّق بأصل الحياة يمكن أن نستنتج أنه قد وجدت دائمًا كائنات حية، لأن العالم الحالي يظهر لنا دائمًا أن الحياة تخرج من الحياة، كما يمكن أن نستنتج أنه لم توجد دائمًا كائنات حية لأن تطبيق القوانين الحالية في الفزياء على الحالة الراهنة لكوكبنا تخبرنا أن هذا الكوكب كان ساخناً جدا إلى درجة أن الحياة فوقه كانت مستحيلة. غير أن التناقضات التي من هذا النوع يمكن دائما أن تُرفَع بطريقتين: نستطيع أن نفترض أن قوانين الطبيعة الحالية ليست بالضبط هي تلك التي افترضناها، كما يمكن أن نفترض أن قوانين الطبيعة هي حاليا ما افترضناه، ولكنها لم تكن دائمًا هكذا.

واضح أن القوانين الحالية لايمكن أبداً أن تكون معروفة بصفة كاملة بحيث لانستطيع أن نتبنى الحل الأول وبحيث نكون ملزمين بالقول بتطور القوانين الطبيعية.

ولنفرض، من جهة أخرى، أن تطوراً كهذا ممكن وأن الإنسانية تعمر بما فيه الكفاية لكي يكون لهذا التطور شهود. إن نفس السابق سيؤدّي إلى نتائج متباينة، مثلاً في العصر الفحمي وفي الدهر الرابع. هذا يعني بطبيعة الحال أن السوابق مماثلة تقريباً. وإذا كانت كل الظروف مماثلة، فإن العصر الفحمي يصبح غير قابل للتمييز عن الدهر الرابع. طبعاً، ليس هذا ما نفترض، فما يتبقى هو أن سابقاً معينا مقرونا بظرف معين متمم يؤدّي إلى نتيجة معينة، بينما نفس السابق مقترنا بظرف متمم آخر يؤدّي إلى نتيجة أخرى. والوقت لا دخل له في هذه المسألة. أمّا القانون، كما كان سيصوغه علم قليل الخبرة، والذي كان سيزعم أن ذلك السابق سيؤدي دائمًا إلى ذلك اللاحق، غاضاً الطرف عن الشروط المتممة، هذا القانون، الذي لم يكن إلاّ تقريبياً واحتماليا، يجب أن يُستبدَل بقانون آخر احتمالي أكثر وتقريبي أكثر، يدخل في الاعتبار الشروط المتممة. سنكون إذن دائمًا أمام نفس

المخطط الذي حللناه سابقاً: لو اكتشفت الإنسانية شيئاً من ذلك القبيل، فإنها لن تقول إن القوانين هي التي تطورت، وإنما ستقول إن الشروط هي التي تغيرت.

هذه إذن معانٍ مختلفة للحدوث. غير أن السيد لوروا يحتفظ بها جميعاً من غير تمييز كافٍ، بل ويضيف إليها معنى آخر. إن القوانين التجريبية جميعها تقريبية، وإذا كان بعضها يبدو لنا صحيحا فمرد ذلك إلى أننا حوّلناه بشكل اصطناعي إلى إسمية، من قبل، بالمبدأ. لقد قمنا بهذا التحويل بحرية، وبما أن النزوة التي دفعتنا إلى ذلك شيء حادث جدا، فإننا قد نقلنا هذا الحدوث إلى القانون نفسه. بهذا المعنى يحق لنا أن نقول إن الضرورة تفترض الحرية لأننا نصير حتميين بالحرية. وربما لايوجد في هذا سوى توسيع لمجال الإسمية، وقد لايفيد كثيراً إدخال معنى جديد للحدوث في المساهمة في حل تلك المشاكل، التي تُطرح بشكل طبيعي، والتي كنا بصدد الحديث عنها.

لا أريد أن أبحث في أسس الاستقراء، فأنا أعرف جيداً أنني لن أنجح في هذا، وأن صعوبة تعليل هذا المبدأ لاتوازيها إلاّ صعوبة التخليّ عنه. أريد فقط أن أبين كيف يطبقه العلماء، وكيف أنهم ملزمون بتطبيقه. عندما يحدث نفس السابق فإن نفس النتائج يجب أن تحدث بدورها. هذه هي الصياغة العادية لهذا المبدأ. غير أنه إذا ردّ إلى هذا الشكل، فإنه لايمكن أن يصلح لشيء. فلكي نقول إن نفس السابق قد وقع يجب أن تكون كل الشروط قد حصلت، لأنها مسؤولة جميعها، ويجب أن تكون قد حصلت بالضبط.

وبما أن هذا لن يحصل أبدا، فإن المبدأ، لن يجد له أي تطبيق. ينبغي إذن أن نعدل الصياغة، فنقول: إذا أنتج مرة سابق (أ) ناتجاً (ب)، فإن سابقاً (أ - ١) قليل الاختلاف عن (أ) ينتج ناتجاً (ب - ١) قليل الاختلاف عن (ب).

كيف نعرف أن السابقين (أ) و(أ - ١) قليلا الاختلاف؟

إذا كان من الممكن التعبير عن أحد الشروط بواسطة عدد، وإذا كان لهذا العدد في الحالتين قيمتان متقاربتان، فإن معنى «قليل الاختلاف» واضح نسبياً. آنئذ سيعني المبدأ أن النتائج دالّة متصلة للسابق. وكقاعدة عملية، نصل إلى تلك النتيجة التي يمكن استكمالها. وهذا ما يقوم به بالفعل العلماء كل يوم، إذ بدون الاستكمال يستحيل كل علم.

لنلاحظ مع ذلك المسألة التالية: إن القانون الذي نبحثه يمكن أن يمثل بواسطة

منحنى. لقد جعلتنا التجربة نعرف بعض نقط ذلك المنحنى. وبناءً على المبدأ الذي كنا بصدد صياغته نعتقد أن تلك النقط يمكن الربط بينها بواسطة خط متصل. نرسم هذا الخط بواسطة العين. وستعطينا تجارب جديدة نقطاً أخرى من نقط ذلك المنحنى. فإذا جاءت هذه النقط خارج الخط المرسوم من قبل فإنّه سيكون علينا أن نعدل المنحنى لا أن نتخلّ عن مبدئنا. فمن نقط كائنة ما كانت، ومهما كان عددها كبيرا، يمكن أن نرسم منحنى متصلاً. سننزعج بلا شك إذا جاء هذا المنحنى غريب الشكل، وسنتهم، بالإضافة إلى هذا، أخطاء التجربـة، ولكن المبدأ لن يكون موضع مراجعة بشكل مباشر. أضف إلى ذلك أن من بين ظروف الظاهرة ما نعتبره غير ذي أهمية، ونعتبر (أ) و(أ-١) قليلي الاختلاف إذا لم يكونا يختلفان عن بعضهما إلاّ بواسطة تلك الشروط التابعة. فألاحظ مثلا أن الهيدروجين يتحد مع الأكسجين تحت تأثير الشرارة، فأكون على يقين أن هذين الغازين سيتحدان من جديد على الرغم من أن خط طول المشتري قد تغير كثيراً خلال الفاصل. ونحن نفترض مثلاً أن حالة الأجسام البعيدة لا يمكن أن يكون لها تأثير محسوس على الظواهر الأرضية. هذا أمر يبدو أنه يفرض نفسه، لكن هناك حالات يتضمن فيها اختيار الظروف العديمة الأهمية، عملياً، قسطاً أكبر من الاعتباط أو، إذا شئنا، يتطّلب كثيراً من الفطنة. هناك ملاحظة أخرى: مبدأ الاستقراء يصبح غير قابل للتطبيق لو لم يوجد في الطبيعة عدد كبير من الأجسام المماثلة أو المماثلة تقريباً، لو لم يكن من الممكن مثلا أن ننتقل من قطعة من الفوسفور إلى قطعة أخرى من الفوسفور.

إذا فكرنا في هذه الاعتبارات، فإن مشكل الحتمية والحدوث سيبدو لنا في شكل جديد.

فلنفرضْ أنه بإمكاننا أن نحيط بسلسلة كل الظواهر الكونية ضمن كل متوالية الزمن. نستطيع أن نتأمل ما يمكن أن نسميه بالمتاليات وأعني بها العلاقات بين سابق وتالٍ. لا أريد أن أتكلم عن علاقات ثابتة أو قوانين، بل أتصور مختلف المتتاليات المتحققة بانفصال وبطريقة فردية، إذا صحّ التعبير.

إننا سنرى أنه من بين هذه المتتاليات لاتوجد اثنتان كاملتا التماثل. غير أنه إذا كان مبدأ الاستقراء الذي قمنا بصياغته صحيحا فإنه ستكون من بينها ما هي مماثلة تقريباً، ويمكن تصنيفها إلى جانب بعضها البعض. بعبارة أخرى: من الممكن القيام بتصنيف للمتتاليات إلى إمكان، وشرعية تصنيف كهذا ترد الحتمية في نهاية

المطاف. وهذا كل ما يتبقى منها بعد التحليل السابق. فربما بدت في هذا الشكل أقل إزعاجا وإلزاماً. ولاشك أنه يمكن أن يُقال: إن في هذا عودة بعد انحراف إلى نتيجة السيد لوروا، التي بدا أننا نرفضها: لايمكن أن يكون الإنسان حتمياً إلاّ بالحرية. بالفعل، إن كل تصنيف يفترض تدخل المصنف. أتنازل، فهذا أمر يمكن الدفاع عنه. غير أن ذلك الانحراف لن يكون على ما يبدو لي، عديم الفائدة، فقد يكون ساهم في بعض التوضيح.

٦ ــ الموضوعية في العلم:

الآن أصل إلى المسألة التي يثيرها عنوان هذا المقال: ما هي قيمة العلم الموضوعية؟ وقبل كل شيء ماذا نعني بالموضوعية؟

ما يضمن لنا موضوعية العالم الذي نعيش فيه هو كون هذا العالم مشتركا مع كائنات أخرى مفكرة. وبواسطة التواصلات التي تتم بيننا وبين الآخرين نتلقى منهم استدلالات جاهزة. نعرف ان هذه الاستدلالات لاتأتي منا، ولكننا نرى فيها، في نفس الوقت، عمل كائنات مفكرة، مثلنا. وبما أن تلك الاستدلالات تبدو منطبقة على عالم حواسنا فإننا نستنتج أن تلك الكائنات المفكرة قد رأت نفس ما رأيناه. وهكذا نعرف أننا لم نر حلماً.

هذا إذن هو الشرط الأول للموضوعية: ما هو موضوعي يجب أن يكون مشتركاً بين عدد كبير من العقول؛ وبالتالي يجب أن يكون قابلا لأن يُنْقَلَ من أحدها إلى الأخرى، وبما أن هذا النقل لايمكن أن يتم إلاّ بواسطة «الخطاب» الذي يثير كثيراً من الحذر لدى السيد لوروا فنحن إذن ملزمون بالاستنتاج: لا موضوعية بدون خطاب، وستكون إحساسات الآخرين عالماً مغلقاً أبداً بالنسبة لنا، هل الإحساس الذي أسميه أحمر هو نفسه الإحساس الذي يسميه جاري أحمر؟ ليست لدينا أية وسيلة للتحقق من ذلك. لنفرض أن كرزة وخشخاشاً منثوراً يخلقان في الإحساس (أ) وفي الآخر الإحساس (ب)، وأن ورقة تثير في الإحساس (ب) وفي الآخر الإحساس (أ). فمن الواضح أننا لن نعرف عن هذا الأمر شيئاً، إذْ أنني سأسمّي الإحساس (أ) أحمر، والإحساس (ب) أخضر، بينما سيسمي هو الأول أخضر، والثاني أحمر. وفي المقابل فإن ما يمكن ملاحظته هو أنه بالنسبة إلينا معا ستثير الكرزة والخشخاش المنثور نفس الإحساس ما دمنا معا نعطي نفس الإسم للإحساسات التي نشعر بها. إن الأحاسيس إذن غير قابلة للنقل، أو على الأصح،

كل ما هو كيفية خالصة غير قابلة للنقل، وعصي دائمًا على الفهم، وغامض دائمًا، لكن الأمر ليس كذلك بالنسبة للعلاقات بين تلك الأحاسيس.

من هذا المنظور، فإن كل ما هو موضوعي خالٍ من الكيفية، وليس سوى علاقة خالصة. صحيح أنني لن أذهب إلى حد القول إن الموضوعية ليست سوى كمية خالصة، لأنه سيكون لهذا تخصيص مبالغ فيه لطبيعة العلاقات التي نتحدث عنها، ولكن، في هذا ما يجعلنا نفهم ذلك الذي لم أعد أذكره والذي ترك نفسه تقول إن العالم ليس سوى معادلة تفاضلية. ورغم كل تحفظاتنا، بشأن هذه القضية الغريبة، فإنه يجب علينا، مع ذلك، أن نقبل أنه لاشيء يمكن أن يكون موضوعياً إنْ لم يكن قابلاً للنقل وبالتالي فإن العلاقات بين الأحاسيس هي الشيء الوحيد الذي يمكن أن تكون له قيمة موضوعية.

ربما يُقال إن الانفعال بالجمال، وهو شيء مشترك بين كل الناس، دليل على أن كيفيات أحاسيسنا بدورها واحدة بالنسبة للجميع، وموضوعية، بالتالي. ولكن التأمل في هذا يجعلنا ندرك أن البرهنة لم تتم بعد، فالذي استدل عليه هو أن ذلك الانفعال قد أثير عند زيد أو عمرو بواسطة الاحاسيس التي يعطيها كل من زيد وعمرو نفس الاسم أو بواسطة التركيبات المقابلة لتلك الأحاسيس. وذلك إمّا بكون هذا الانفعال مرتبطاً عن زيد بالإحساس (أ)، الذي يسميه أحمر، بينما يكون مرتبطاً، بشكل موازٍ، عند عمرو بالإحساس (ب)، الذي يسميه أحمر، وإمّا لأن هذا الانفعال قد أثير ليس بكيفيات الأحاسيس ذاتها، وإنما بواسطة التركيب المتوافق للعلاقات بينها، والذي نشرع بانطباعه اللاشعوري.

إن إحساساً معيناً يكون جميلاً لا لأنه يملك كيفية معينة، وإنما لأنه يحتل موقعاً معينا داخل بنية ترابطات أفكارنا، وذلك بشكل لايسمح لنا بإثارته من غير أن نحرك المُسْتَقْبِل الذي يوجد في الطرف الآخر من الخيط ويقابل الانفعال الفني. وإن الأمر سيظل هو هو دائمًا سواء نظرنا من ناحية أخلاقية، أو جمالية، أو علمية. لاشيء موضوعياً إنْ لم يكن مماثلاً بالنسبة للجميع. غير أننا لانستطيع أن نتحدث عن تماثل كهذا إلاّ إذا كان من الممكن إجراء مقارنة، وإذا كان من الممكن ترجمته إلى «عملة تبادل» نستطيع بواسطتها أن ننقله من فكر إلى آخر. لاشيء إذنْ يمكن أن تكون له قيمة موضوعية إنْ لم يكن قابلاً للنقل بواسطة «الخطاب» أي قابلا للتعقل.

إلاّ أن هذا ليس سوى جانب من المسألة. فإن مجموعة غير منظمة لايمكن أن تكون لها قيمة موضوعية لأنها ستكون غير قابلة للتعقل، غير أن مجموعة منظمة يمكن

الاّ تكون لها بدورها أية قمية موضوعية، إذا لم تكن تقابل أحاسيس معيشة بالفعل. يبدو لي أنه من السطحي أن أذكر بهذا الشرط، وما كنت لأثيره لو لم يكن قد قيل مؤخراً بأطروحة تذهب إلى أن الفزياء ليس علمًا تجريبياً. ورغم أن هذا الرأي لاحظ له في أن يُتبنى من طرف علماء الفزياء، أو من طرف الفلسفة، فإنه من الأحسن أن نكون على علم به لكي لانترك أنفسنا تنزلق على المنحدر الذي يقود إليه. عندنا إذنْ شرطان لابدّ من تحققهما. وإذا كان الأول يفصل بين الواقع(*) والحلم، فإن الثاني يميزه عن الرواية.

والآن ، ما هو العلم؟ لقد شرحت هذا في الفصل السابق. إنه قبل كل شيء تصنيف، طريقة في تقريب الحوادث التي تفصل بينها المظاهر، رغم أنها مرتبطة بقرابة طبيعية وخفية. بعبارة أخرى، العلم نسق من العلاقات. والحالة هذه، فقد سبق أن قلنا منذ قليل إن الموضوعية لايمكن أن يُبحث عنها إلاّ في العلاقات وحدها، وسيكون من العبث البحث عنها في الكائنات المنظور إليها معزولة عن بعضها البعض.

أمّا القول بأن العلم لايمكن أن تكون له قيمة موضوعية لأنه لايجعلنا نعرف إلاّ علاقات، فهو استدلال بالمقلوب، لأن العلاقات وحدها، والروابط بالضبط، هي التي يمكن أن تُعتبر موضوعية. والموضوعات الخارجية، التي من أجلها ابتدعت كلمة موضوع، موضوعات لأنها بالضبط ليست مجرد مظاهر عابرة يتعذر الامساك بها، ولأنها ليست مجرد زمر من الاحاسيس، وإنما هي زمر موثقة بواسطة رابط ثابت، وهذا الرابط، وحده، هو ما يشكل فيها موضوعاً. هذا الرابط علاقة.

إذنْ عندما نسأل عن القيمة الموضوعية للعلم فإن هذا لايعني: هل العلم يجعلنا نعرف الطبيعة الحقيقية للأشياء؟ ولكنه يعني: هل يجعلنا نعرف العلاقات الحقيقية بين الأشياء؟

بالنسبة للسؤال الأول، لا أحد يمكن أن يتردد في الإجابة بلا، بل أظن أننا نستطيع أن نذهب إلى أبعد من هذا: إن طبيعة الأشياء ليست فقط بعيدة عن متناول العلم، ولكن لاشيء يمكن أن يجعلنا نعرفها، وإذا ما وجد إله يعرفها فإنه لن يجد الكلمات للتعبير عنها، ولن نعجز فقط عن التنبؤ بالجواب، وإنما لانستطيع أن نفهم شيئاً منه لو أعطي لنا، بل أتساءل: هل نفهم السؤال حقا؟

(*) استعمل هنا كلمة واقعي كمرادف لكلمة موضوعي. بذلك أخضع للاستعمال العام. ولكني ربما أكون على خطأ، فأحلامنا واقعية، ومع ذلك فهي ليست موضوعية.

إذنْ عندما تزعم نظرية علمية أنها تجعلنا نعرف ما هي الحرارة، ما هي الكهرباء، أو ما هي الحياة، فإنها تحكم على نفسها بالموت مسبقاً، فكل ما تستطيع هذه النظرية إعطاءه لنا لن يكون سوى صورة غامضة. فهي إذن مؤقتة ومتهافتة.

لم يبق إلاّ السؤال الثاني، ما دام الأول غير وارد: هل يستطيع العلم أن يجعلنا نعرف العلاقات الحقيقية بين الأشياء؟ هل ينبغي الفصل بين ما يربط بينه، وهل يجب الربط بين ما يفصل بينه؟ لفهم معنى هذا السؤال يجب الرجوع إلى ما قلناه من قبل عن شروط الموضوعية: هل لهذه العلاقات قيمة موضوعية؟ هذا معناه: هل هذه العلاقات واحدة بالنسبة للجميع؟ هل ستكون واحدة كذلك بالنسبة للذين سيأتون بعدنا؟

واضح أنها ليست واحدة بالنسبة للعالم والجاهل، ولكن هذا لايهم لأنه إذا كان الجاهل لايراها فإن العالم بإمكانه أن يجعله يدركها بواسطة سلسلة من التجارب والاستبدالات. الأمر الجوهري هو أن هناك نقطاً يمكن أن يتفق بشأنها كل المطلعين على التجارب التي أُجريت. وتبقى المسألة في أن نعرف إنْ كان الاتفاق دائمًا وإنْ كان سيظلّ موجوداً بالنسبة لَمنْ يخلفنا. وبالإمكان أن نتساءل إنْ كانت المقاربات التي يقوم بها العلم اليوم ستؤكّد من طرف علم الغد. لايمكن لتأكيد هذا أن نستند على أي مبرر قَبْلي لأن المسألة تتعلق بواقع. ولقد أصبح للعلم من العمر، إذا رجعنا إلى تاريخه ما يسمح لنا بمعرفة ما إذا كانت البناءات التي يشيدها بناءات مؤقتة، أو بناءات تستطيع مقاومة اختبار الزمن. فماذا نرى؟

للوهلة الأولى يبدو لنا أن عمر النظريات لايتعدّى يوماً وأن الأطلال تتراكم فوق الأطلال. تولد النظريات في اليوم الأول، تصبح موضة في اليوم الثاني، تصير كلاسيكية في اليوم الثالث، في اليوم الرابع تصير متخلفة، وفي اليوم الخامس تصبح منسية. غير أنّا لو نظرنا من قريب لرأينا أن ما يسقط بهذا الشكل هي النظرية، بحصر المعنى، تلك التي تزعم القدرة على جعلنا نعرف ما هي الأشياء. إلاّ أن فيها شيئاً يستمر في أغلب الأحيان. فإذا جعلتنا إحداهما نعرف علاقة حقيقية فإن هذه العلاقة تتقرر نهائياً وسنجدها متنكرة في ثوب جديد، في النظريات الأخرى التي تسود بالتالي مكانها. سنأخذ مثالا واحدا: نظرية تموجات الأثير كانت تعلمنا أن الضوء حركة. أمّا اليوم فإن الموضة تفضل النظرية الكهرطيسية التي تعلمنا أن الضوء تيار. الا ينبغي أن نبحث في إمكانية التوفيق بين النظريتين لنقول إن الضوء تيار وأن هذا التيار حركة؟ بما أنه من المحتمل في كل الأحوال أن تكون هذه الحركة غير مطابقة

للحركة التي قال بها أنصار هذه النظرية القديمة، فإنه من الممكن الاعتقاد في أن الصواب هو القول إن النظرية القديمة قد أطيح بها. ومع ذلك فإن شيئاً منها مازال باقياً مـا دام يوجد بين التيارات الافتراضية التي يقول بها مكسويل نفس العلاقات الموجودة بين الحركات الافتراضية التي يقول بها فرنيل. إذنْ هناك شيء مازال قائمًا، وهذا الشيء أساسي. وهو ما يفسّر انتقال الفزيائيين الحاليين بلاصعوبة من لغة فرنيل إلى لغة مكسويل.

لاشك أن الكثير من تلك المقاربات التي كان يُعتقد أنها ثابتة قد أُهملت. لكن أغلبها مازال قائمًا. ويبدو أنه سيستمر . فما مقياس موضوعية الأولى؟ إنه نفس مقياس اعتقادنا في الأشياء الخارجية. فهذه الأخيرة واقعية بمعنى أن الأحاسيس التي تثيرها فينا تبدو لنا مرتبطة فيما بينها بواسطة نوع من الإسمنت غير القابل للكسر، وليس بواسطة صدفة عابرة. كذلك العلم، فهو يكشف لنا عن علاقات بين الظواهر أكثر ثباتاً وليست أقل صلابة. إنها خيوط رفيعة جداً بحيث أنها ظلّت غير مرئية مدة طويلة. ولكنها منذ شوهدت لم تعد هناك وسيلة لعدم رؤيتها. إنها إذن ليست أقل واقعية من تلك التي تعطي للموضوعات الخارجية واقعيتها. ولايهم أن تكون قد عُرِفت حديثاً جدا، ما دام بعضها لن يفنى قبل الآخر.

نستطيع أن نقول مثلاً إن الأثير لايقل واقعية عن واقعية أي موضوع خارجي. إن القول بوجود هذا الجسم يعني أنه توجد بين لونه وطعمه ورائحته علاقة صميمية قوية ومستمرة. والقول بوجود الأثير معناه أن هناك قرابة طبيعية بين كل الظواهر البصرية.

بدهي أن القضيتين ليست لإحداهما قيمة أقل من الأخرى، وإنما للتركيبات العلمية، بمعنى ما، واقعية أقوى مما لتركيبات الإحساس العام، ما دامت تضم عددا أكبر من الحدود وتنزع إلى احتواء التركيبات الجزئية. وقد يُقال إن العلم ليس سوى تصنيف والتصنيف لايمكن أن يكون صحيحاً، لايمكن أن يكون إلاّ ملائمًا.

صحيح، أنه ملائم، وصحيح أنه ليس ملائمًا بالنسبة لي فقط، ولكن بالنسبة لكل الناس، وصحيح كذلك أنه سيبقى ملائما بالنسبة لَمنْ سيأتي بعدنا. وصحيح أخيراً أن هذه الملاءمة لايمكن أن تكون بمجرد صدفة.

باختصار، إن الواقع الوحيد الموضوعي هو العلاقات بين الأشياء، تلك العلاقات التي ينتج عنها التوافق الكوني. ولاشك أن هذه العلاقات، وهذا التوافق،

لايمكن تصورها بمعزل عن الفكر الذي يتصورها أو يشعر بها. ولكنها رغم هذا موضوعية لأنها مشتركة، وستبقى كذلك، بين كل الكائنات المفكرة.

وهذا مايسمح لنا بالعودة إلى مسألة دوران الأرض التي ستكون فرصة لتوضيح ما سبق بواسطة مثال.

٧ ــ دوران الأرض:

سبق لي أن قلت في «العلم والفرضية» ما يلي: «وإذنْ فالقول بأن الأرض تدور قول لامعنى له... أو على الأصح، إن هاتين القضيتين: الأرض تدور، و: ـ من الملائم أكثر أن نفترض أن الأرض تدور، قضيتان لهما معنى واحد».

وقد أدّت هذه الكلمات إلى أكثر التأويلات غرابة. لقد ظن البعض أن فيها إعادة اعتبار لمنظومة بطليموس، وربما كان فيها تبرير لإدانة غاليلي. غير أن الذين قرأوا الكتاب كاملاً بإمعان لم يكن بإمكانهم أن يخطئوا بهذا الشأن. فهذه الحقيقة ــ الأرض تدور ــ قد وضعت في نفس مستوى مسلمة كمسلمة أقليدس مثلاً. ولم يكن في هذا ترك لها أو تخلٍ عنها. وذلك على غرار القول: «إن القضيتين: ــ العالم الخارجي موجود، و: ــ من الملائم أكثر أن نفترض أن العالم الخارجي موجـود، قضيتان لهما معنى وحيد وهو نفسه في كلتيهما». وهكذا، وبهذه الصورة، نكون قد احتفظنا للقضية القائلة بدوران الأرض بنفس الدرجة من اليقين التي نضفيها على وجود الموضوعات الخارجية نفسها. إلاّ أننا، بعد ما شرحناه في الفقرة الرابعة، نستطيع أن نذهب إلى أبعد من هذا. فقد قلنا إن نظرية فزيائية تكون صحيحة بقدر ما توضح من العلاقات الصحيحة. وعلى ضوء هذا المبدأ سنبحث في المسألة التي تشغلنا الآن.

إنه لاوجود لمكان مطلق. والقضية القائلة بأن الأرض تدور ليست من وجهة نظر علم الحركة، أكثر صحة من القضية القائلة بأن الأرض لاتدور، ولا هذه أكثر صحة من تلك. فإثبات إحداهما، بالمعنى الحركي، ونفي الأخرى، معناه افتراض وجود المكان المطلق.

غير أنه إذا كانت إحداهما تكشف عن علاقات حقيقية تخفيها الأخرى فإننا نستطيع مع ذلك أن ننظر إلى الأولى من حيث أنها، فزيائياً، أكثر صحة من الثانية، ما دامت تحمل محتوى أكثر غنى. ومن هذه الناحية لايصبح الشك فيها ممكنا.

فهذه الحركة النهارية الظاهرة للنجوم، وهذه الحركة النهارية للأجسام السماوية

الأخرى، وهذا، من جهة أخرى، تسطح الأرض، ودوران ساعة فوكو، ودوران الأعاصير، والصابيات، وغيرها. . . إن كل هذه الظواهر ستبدو بالنسبة لَمنْ يتبنى نظرية بطليموس، ظواهر لاعلاقة بينها. لكنها بالنسبة لمن يتبنى نظرية كوبرنيك ظواهر ترجع إلى سبب واحد. فأنا عندما أقول إن الأرض تدور أقرر أن كل هذه الظواهر ترتبط بعلاقة صميمية. وهذا أمر صحيح، وسيبقى أمراً صحيحاً، طالما لايوجد، ولايمكن أن يوجد، مكان مطلق.

هذا فيما يخصّ دوران الأرض حول نفسها. فماذا نقول بخصوص دورانها حول الشمس؟ لدينا هنا أيضاً ثلاث ظواهر مستقلة تماماً بالنسبة لمن يتبنى نظرية بطليموس، ولكنها بالنسبة لَمنْ يتبنى نظرية كوبرنيك ظواهر ترجع إلى أصل واحد. ولنتأمل هذه الظواهر: التنقلات الظاهرة للكواكب على الكرة السماوية، وزيغ النجوم الثابتة، واختلاف منظر تلك النجوم ذاتها، هل من الصدفة في شيء أن تقبل كل الكواكب لامتساوية مدتها سنة، وأن تكون هذه المدة مساوية بالضبط لمدة الزيغ ومساوية كذلك لمدة اختلاف المنظر؟ من منظور منظومة بطليموس سيكون الجواب ببلى، وأمّا من منظور منظومة كوبرنيك فسيكون الجواب بكلا، ومعنى هذا القول بوجود علاقة بين الظواهر الثلاث. وهو بدوره أمر صحيح ما دام لايوجد مكان مطلق.

في منظومة بطليموس لايمكن تفسير حركات الأجسام السماوية بواسطة فعل القوى المركزية، فالميكانيكا السماوية مستحيلة، بينما العلاقات الصميمية التي تكشف لنا الميكانيكا السماوية عن وجودها بين الظواهر السماوية علاقات حقيقية. لهذا، فإن القول بثبات الأرض معناه نفي تلك العلاقات، أي الوقوع في الخطأ.

إذن تبقى الحقيقة، التي من أجلها عُذِّب غاليلي، حقيقية رغم أنه ليس لها نفس المعنى الذي يعطيه لها الجاهل، ورغم أن معناها أكثر دقة وأكثر عمقاً وغنى من هذا.

٨ ــ العلم من أجل العلم:

لا أريد أن أدافع عن العلم من أجل العلم ضد السيد لوروا، فربما كان ما يدينه هو العلم للتطبيق، وهو ينمي المعرفة لأنه يحبها، ويبحث عنها، ولايستطيع أن يعيش من دونها. ومع ذلك فإن لي بعض الأفكار التي أريد أن أدلي بها، بهذا الشأن.

نحن لانستطيع أن نعرف كل الحوادث، ويجب أن نبحث عن تلك التي

تستحق أن تُعرَف. العلماء يقومون بهذا، حسب تولستوي، بناءً على الصدفة، بدل القيام به من أجل التطبيقات العملية. وعلى العكس، فإن العلماء يعتقدون أن بعض الحوادث أهم من غيرها لأنها تتمم توافقاً غير كامل، أو لأنها تستطيع أن تجعلنا نتوقع عدداً أكبر من الحوادث الأخرى. وإذا كانوا على خطأ، إذا كان ذلك التوافق الذي يلتمسونه بشكل ضمني مجرد وهم باطل، فإنه يستحيل أن يوجد علم من أجل العمل، وبالتالي يستحيل أن يوجد العلم. أمّا أنا فأظن أنهم على حق، وقد بيّنت من قبل، القيمة الكبرى التي للحوادث الفلكية، مثلا، لا لأنها قابلة للتطبيق العملي، ولكن لأنها أكثر تثقيفاً.

لا قيمة للحضارات إلاّ بالعلم والفن. ولقد أثارت عبارة العلم للعلم الدهشة، رغم أنها تعادل عبارة الحياة من أجل الحياة، إذا لم تكن الحياة مجرد بؤس، بل تعادل عبارة السعادة من أجل السعادة، إذا كنا نعتقد أن الملذات ليست جميعها من نفس النوع، وإذا كنا نرفض أن يكون هدف الحضارة هو مد الذين يحبون السكر بالخمر.

كل فعل يجب أن يكون له هدف. يجب أن نتألم، أن نعمل أن نؤدّي ثمن تذكرة المسرح، وذلك لنرى، أو على الأقل، ليرى آخرون، ذات يوم.

كل شيء ما عدا الفكرة عدم، ما دمنا لانستطيع أن نفكر إلاّ في الفكر، وما دامت كل الكلمات التي نتوفر عليها لنتكلم عن الأشياء لايمكن أن تعبر إلاّ عن أفكار.

إذنْ القول بوجود شيء آخر غير الفكر قول لايمكن أن يكون له معنى.

ومع ذلك ـ وهذا تناقض غريب بالنسبة للذين يعتقدون في الزمن ـ فإن التاريخ الجيولوجي يعلمنا أن الحياة ليست سوى حلقة قصيرة في سلسلة من العدم لابداية لها ولا نهاية، أي بين أبديتين من الموت، وأن الفكر الواعي داخل تلك الحقبة ذاتها لايدوم ولن يدوم إلاّ برهة.

الفكر ليس سوى بريق وسط ليل طويل. إلاّ أن هذا البريق هو كل الشيء.

معجم (ببعض المصطلحات الواردة في كتاب قيمة العلم)

ـ أ ـ

إحداثيات	Coordonnées (les)
احتمال	Probabilité (la)
احتراق	Conflagration (la)
الأبعاد	Proportions (les)
انتشار الضوء في خطوط مستقيمة	Propagation rectiligne de la lumière
إحساس عام	Sens commun
إهليلجي (قطع ناقص)	Ellipse (l')
آونة (برهة)	Moment
اتصال	Continuité (la)
اضطراب (اهتزاز)	Perturbation
إوالية / آليات	Mécanismes
انكماش	Contraction
إشعاع	Radiation
إشعاعي النشاط	Radio-actif

إشعاعية	Radioactivité
إنتشار الحرارة	Propagation de la chaleur
إلكتروستاتي (كهربائي ساكن)	Electrostatique
إسمية	Nominalisme
استكمال	Interpolation
المشتري	Jupiter

ـ ب ـ

بيساري (واقع بين السيارات)	Interplanétaire
برازيوديم (عنصر فلزي ثلاثي التكافؤ)	Praséodyme
بصري	Visuel
بقعة ضوئية	Spot (le)

ـ ت ـ

تأمل	Spéculation
تال (لاحق ـ منطقي)	Conséquent
تحليل (رياضيات)	Analyse
تحليل التفاضل والتكامل	Analyse infinitésimale
تبادلي	Commutatif
تبديد الطاقة / انحلال	Dégradation de l'énergie
تجريبية	Empirisme
تجاذب / جاذبية	Attraction newotonienne
تحول (تحويل)	Transformation
تحويل مرقم	Transformation ponctuelle
تصنيف	Classification
تفاضل (مفاضلة ـ تفاضلية)	Différenciation
تسائل (الميل إلى الالتقاء في نقطة واحدة)	Convergence
تقابل (تناظر)	Correspondance
ترقيم (أو تقسيم) ملائم	Graduation convenable
تنقل (نقل ـ حركة)	Déplacement

تقريبي	Approximatif
تقريب (مقاربة)	Approximation
تمطط (انمغاط)	Elasticité
تعداد	Enumération
تغير (تغيير)	Changement
تعريف مقنع	Définition déguisée
توافق (تناغم أو انتظام)	Harmonie
التوافقيات	Harmoniques (les)
تعويض	Compensation
ترابط (تداعي)	Association
ترابطي	Associatif
تروس ناقلة للحركة	Engrenage
تضاد	Contraste
تطور	Evolution
تسطح	Aplatissement (de la terre)
تكون	Genèse
تناسب / نسبة	Proportion
تيار	Courant
تقابلي	Isomorphe

– ج –

الجاذبية	Gravitation
جذر	Racine
جزيء	Holécule
جزيئة	Particule
جوهر	Entité
جهاز	Dispositif

– ح –

حالة	Etat
حتمية	Déterminisme

Terme	حد
Contingence	حدوث (أو إمكان)
Hydrodynamique	حركيات السوائل
Mouvement des liquides	حركة السوائل
Courroie	حزام
Calcul numérique	حساب
Conservation de l'énergie	حفظ الطاقة

– خ –

Propriété	خاصية (خاصة)
Longitude	خط الطول
Asymptotes	خطوط التقارب
Raie noire du spectre	خط طيفي

– ر –

Lien	رابط
Circuit	دائرة
Téles - cope	راصدة (تلسكوب)
Quaternions	رباعيات
Atome	ذرة
Fonctions majorantes	دوال الزيادة
Fonctions discontinues	الدوال المنفصلة
Rouage	دواليب
Giration des cyclones	دوران الأعاصير
L'époque quaternaire	الدهر الرابع (أحدث الدهور في تاريخ الأرض)
Didyme	ديديم (ذوفصين)
Electro - dynamique	الديناميكا الكهربائية

– ز –

Parallaxe	زاوية الاختلاف (أو اختلاف المنظر)
Groupe	زمرة

زمرة التنقلات	Groupe des déplacements
زيغ	Aberration

ـ س ـ

سابق	Antécédent
ساعة فلكية	Horloge sidérale
سلسلة	Série
سرعة مطلقة	Vitesse absolue
سمعي	Auditif
السواعد	Bielles (les)
السقوط الحر	Chute libre (la)
سديم (نجوم بعيدة تظهر كأنها سحابة رقيقة)	Nébuleuse

ـ ش ـ

الشعري اليمانية	Sirius
الشبكية	Rétine (la)
شكل ـ صورة	Forme (la)
شكل ذو مائة ضلع	Le chilogone
شمسي	Olfactif

ـ ص ـ

الصابيات (رياح تهب من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي)	Vents alizés
صدفة	Hasard
صورة ـ شكل	Figure
صياغة ـ نص	Enoncé
صيغة (بيان)	Formule

ـ ط ـ

طيف الابتعاث	Spectre d'émission
الطوالع المستقيمة	Ascensions droites

ـ ع ـ

العصر الفحمي	L'époque corbonifère
عديم الشكل	Amorphe
علم الحركة المجردة (يبحث في الحركة دون مراعاة القوى المحركة)	Cinématique
علاقة	Relation

ـ ف ـ

فاصل	Intervalle
فارق ـ انحراف	Ecart
فصلة	Coupure
فعل (نتيجة)	Effet
فوضى (سديم أو عدم)	Caos
فهم	Entendement
فيض القوة	Flux de force

ـ ق ـ

قابلية للنقل	Conductibilité
قصور	Enertie
قطب	Pôle
قطع زائد	Hyperbole
قطعي مكافىء	Parabolique
القنوات شبه المستديرة	Carnaux sémi-circulaires
قوة	Puissance
القوى المركزية	Forces centrales
القوى النابذة	Forces centrifuges

ـ ك ـ

كتلة	Masse
كمون كهربائي	Potentiel électrique
كمية	Quantité
كميات متعادلة	Quantités équivalentes

Sphère	كرة
Sphérique	كروي
Astre	كوكب
Electromagnétisme	كهرطيسية

— ل —

Anti-intellectualisme	لا تعقلية
Inégalité	لا متساوية
Instant	لحظة
Tactil	لمسي
Fibre nerveuse	ليفة عصبية

— م —

Principe de moindre action	مبدأ الحركة الدنيا أو الفعل الأقل
Cristallisé	مبلر (أو مبلور)
Théorème	مبرهنة
Egalité	متساوية
Continu	متصل
Les variables continues	المتغيرات المتصلة
Intégrale	متكاملة (تكاملية)
Suite	متوالية
Triangle rectiligne	مثلث مستقيم الأضلاع
Triangle curviligne	مثلث منحني الأضلاع
Ensemble	مجموعة
Continum	مجموعة اتصالية
Processus	مخطط
Transformée	محولة
Urbite	مدار
Rayon d'action	مدى العمل
Reflecteur	مرآة عاكسة

Couple	مزدوجة
Observatoire	مرصد
Composantes de l'acceléraion de translation.	مركبات التسارع الانتقالي
Trajectoire	مسار
Espaces (les)	المسافات
Excitateur	مستثير
Calorimètre	مسعر
Recepteur	مستقبل
Galvanométre	مضاعف
Polygone	مضلع
Baromètrique	مضغاطية
Spectroscopie	مطيافية
Grandeur	مقدار
Discursif	مقالي
Espace	مكان
Espace représentatif	مكان تمثيلي
Electrisé	مكهرب
Millième	مليم
Analogie	مماثلة
Equation	معادلة
Equation binôme	معادلة ذات حدين
Magnétisme	مغناطيسية
Convention	مواضعة
Vecteur	موجه

— ن —

Théorie des nombres	نظرية الأعداد
Théorie des imaginaires	نظرية الأعداد التخيلية
Théorie des substitutions	نظرية الإبدالات
Théorie cinétique des gaz	النظرية الحركية للغازات

نظرية الدوال	Théorie des fonctions
نظريةالمعادلاتذاتالمشتقاتالجزئية	Théorie des équations aus dérivées partielles
نظرية الشعرية	Théorie de la capillarité
نجم	Etoile
نصف كرة	Hémisphère
نصف كروي	Hémisphèrique
نزوة (هوى)	Caprice
نهاري (يومي)	Diurne (Nouvement)
نِيْودِيم (عنصر فلزي)	Néodyme
نهاية ــ حد	Limite

ــ هـ ــ

هاجرة	Méridien (le)
هندسة إسقاطية	Géométrie projective
هندسة مترية	Géométrie métrique
هندسة كيفية	Géométrie Qualitative

ــ و ــ

واقع	Réel (le) - Réalité (la)
واقعي	Réel (adj)
وضع مطلق (موقع . . .)	Position absolue
وضع نسبي (بالنسبة لـ . . .)	Position relative
وسيط	Intermédiaire

ــ ي ــ

يقين	Certitude

فهرست الكتاب

قيمة العلم

كتاب "قيمة العلم" ككل كتب بوانكاري الفلسفية، وبصفة خاصة "العلم والفرضية" و"العلم والمنهج"، يخضع لتصميم بسيط جداً:

١- مدخل يقدم فيه المؤلف أهم المسائل التي سيتناولها الكتاب.

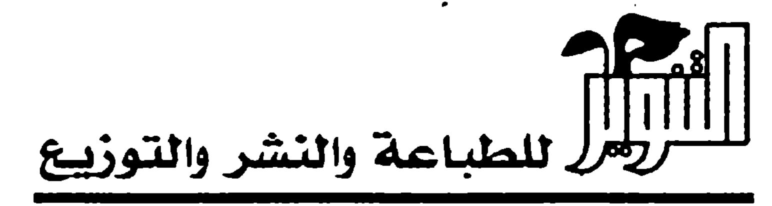
٢- قسم أول من أربعة فصول يتناول قضايا من حقل الرياضيات: أ-الحدس والمنطق في الرياضيات. ب-قياس الزمن. ج-مفهوم المكان. د-المكان وأبعاده الثلاثة.

٣- قسم ثانٍ يتناول قضايا من حقل العلوم الفيزيائية ويبدأ بفصل يدرس فيه المؤلف الخدمات التي يمكن لعالم الرياضيات أن يقدمها لعالم الفيزياء والخدمات التي يمكن لعالم الفيزياء أن يقدمها لعالم الرياضيات، وهذه الفصول الخمسة التي يتشكّل منها هذا القسم: أ-التحليل والفيزياء. ب-علم الفلك. ج-تاريخ الفيزياء الرياضية. د-الأزمة الحالية في الفيزياء الرياضية. هـ-مستقبل الفيزياء الرياضية.

٤- قسم ثالث يتناول فيه المؤلف مسألة القيمة الموضوعية للعلم، أو بعبارة أخرى: يناقش فيه آراء "إدموندر لوروا" والمواضعاتية وهو يتضمن فصلين: أ-هل العلم اصطناعي؟ ب-العلم والواقع.

يأتي هذا الكتاب من حيث الصدور (١٩٠٥)، بعد "العلم والفرضية" الصادر لأول مرة سنة ١٩٠٢، ويعد مع الكتاب الأول (العلم والفرضية) أهم كتب بوانكاري الفلسفية الأربعة (العلم والفرضية، قيمة العلم، العلم والمنهج الصادر سنة ١٩٠٨، الأفكار الأخيرة الصادر سنة ١٩١٣، أي بعد وفاة بوانكاري بسنة) فهو من جهة يتطرق لأهم القضايا الفلسفية التي طرحها تطور العلم خلال القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين وبأسلوب يجمع بين التعميم والتبسيط والدقة، وهو من جهة أخرى يستكمل أو يصحح القضايا التي يتناولها لامؤلف في كتابه الفلسفي الأول "العلم والفرضية" إضافة إلى أن صاحبه يعد آخر أكبر فكر علمي شمولي عرفته البشرية!

المترجم



بيروت - هاتف: ٠٠٩٦١١٤٧١٣٥٧ تلفاكس: ٠٠٩٦١١٤٧٥٩٠٥

www.dar-altanweer.com

info@dar-altanweer.com

توزيع دار الفارابي

ISBN 978-6589-09-888-3

